人造地球衛星

[苏联]尤·阿·波列多諾斯采夫著
文　　　有　　　仁等譯

科学普及出版社
1958年·北京

目　次

前 言

1957年10月4日，發生了一件具有世界意义的事件——苏联成功地發射了人造地球衛星。衛星的建立是苏联科学家和設計师們創造思想的卓越成就。在衛星从宇宙中發出第一批無綫电訊号以前，許多科学家——物理、化学、無綫电学、电子学、冶金学等科学部門的專家，工程师和工人們曾經进行了長时期的研究和試驗工作。

关于把飞行器械發射到大气圈外去的可能性的問題，早在50多年以前就被我們祖国优秀的科学家康斯坦丁·愛德华多維奇·齐奥尔科夫斯基从理論上解决了。齐奥尔科夫斯基的著作为一个新的知識部門——宇宙飞行学，即关于在宇宙空間飞行的科学奠定了基础。

可是，为了实現俄国科学家的大胆主張，需要許多科学家、工程师和工人頑强地工作好多年。必須实际上研究出一种輕便耐久的火箭設計，制成一个功率强大而重量極輕的、并能在相当長的时間內保証發出数十吨以至数百吨推力的發动机，制造一种十分精确而可靠的控制火箭飞行的系統。最后，还应当有一个小而輕的能源和一种能够在远距离用無綫电联系和报告測量結果的仪器，还要有一整套能保証在星际飞行的情况下長期工作的自动遙控科学設备。

苏联用来發射衛星的火箭，在構造上是高度完善的，世界上任何国家都不能和它相比。

我們的科学家順利地解决了摆在他們面前的許多最复杂

的、崭新的科学技术問題。这一切之所以成为可能，是由于苏联科学技术的極高的水平，特别是在火箭制造方面。保証我們能在那么短的时期內造成动力裝置、人造衛星和运載火箭的，除了我国科学技术潜力的高度水平以外，还要归功于科学研究所、設計院和工業企業的协作。衛星的發射成功，充分証实了在制造衛星和把它送上軌道的洲际彈道火箭时所做的数学計算和基本技术措施是正确的。

苏联科学家以及許多外国的科学家都一再反对軍备竞賽。他們認为，把各国科学技术人員的努力联合起来，去制造人造衛星并把技术上的潜力轉到發展宇宙飞行的和平而崇高的目的上去，这个时机已經成熟了。

各国科学家的这种协作，对消除“冷战”將会做出重要的貢献，并有益于巩固和平事業。

近几年来，許多国家都在加强制造人造地球衛星。

在这方面所追求的目的和任务是根本不同的。起初，人們把衛星看作是使星际飞行減少困难的中間站，而最先想到这个念头的便是齐奥尔科夫斯基，他对星际空間火箭飞行的原理作了科学論証，并天才地預見了現代火箭技术發展的基本方向。

齐奥尔科夫斯基从科学上証明，在大气圈外建立某种据点可能会大大縮小宇宙船的体积，并且可以大大減少船上的飞往其他星球所必需的燃料儲备。

通过从地面向衛星多次飞行的办法，可以在衛星上积聚足够数量的能量儲备，还可以为进行宇宙飞行而集中和准备人員、測量仪器和器材。

这种人造地球衛星还可以成为人們进行有很大科学价值的对宇宙和地面观測的地点。在星际空間里，天体望远鏡能

够进行非常有趣的观测，可以看到一直到現在人們还沒有看到的东西。

从地面用天体望远鏡进行天文观测，一般放大倍数不能超过九百倍，因为在大气中有一种障碍物，它是各种气流的运动（星星的閃爍、天体望远鏡中發光体的像的分裂和模糊等）。如果在衞星上裝的望远鏡能够放大到1万倍，在大气層外我們就可以看到月球上直徑为12公尺的物体，可以看到火星表面上長1,500公尺的地形。

由于天体望远鏡在大气層外的可見度得到改善，許多問題都可找到答案。比如，星球表面的構造問題，其中可以徹底解决火星上"运河"是否存在和火星上山的高度的問題。此外，还可以研究沒有生物的水星表面的自然狀况，研究罩着二氧化碳"面紗"的金星表面以及巨大的木星和土星的表面。

例如，借助X綫从星际站上拍照下来的太陽，就不完全像我們平常所看到的那个样子。我們現在認为太陽是圓形的，但那时，太陽可能只是心臟那样的毛絨絨的小球，周圍罩着一些明亮閃耀的光点，我們平常所看不到的日冕[1]將成为主要的光源。

如果太陽的光綫越来越强烈，便是太陽的表面發生巨大的爆發，随着便增添一些紫外綫和X綫。毫無疑問，由于天文学家在人造衞星上进行观测，他們就不仅可以解釋太陽大爆發的原因，而且將学会事先預見它們。

天体物理学家們还將解决許多問題。也許，他們將揭开超高温星和爆發星的秘密，确定其他星球上大气的成分，周

[1] 据科学分析結果，X綫輻射主要是从日冕中發射出来的。日冕是太陽的最外層，形狀不断改变，平时看不見，在日全食时可以看到。——譯本出版者

密地研究星球表面情况，以确定是否可以在上面生活。他們还可以确定地球的准确形狀，研究宇宙間巨大的塵埃星云和气体星云的組成，研究宇宙綫中的重量較大的原子核等等。

現在，我們已經知道了，在巨大的宇宙气体星云和塵埃星云中确定分布最广泛的化学元素成分的方法了。这些星云很可能就是構成恒星世界的原始物質。

可是，我們的天文学家还仅仅局限于确定那些包含在这些气体星云中的元素的方法，而就連我們最常見的元素，如氫、碳、氮、氧等还一直不能确定，因为穿过大气層的只有一定的光綫，而一些紅外綫和距离很远的紫外綫射不到設置在大气海洋底層的地面上的仪器上。为了确定星际空間中許多其他元素的存在，就必須研究距离很远的紫外綫。無綫电天文学的建立使我們能够获得大量与这一問題有关的材料。但是，在可以利用星际天文台和星际望远鏡以消除我們視野中的黑点以前，我們还不能得到一个完滿的答案。

在宇宙空間里存在有大量流星塵，它們將撞击衞星的外壳。为了研究这些塵埃的組成，应当在衞星的外面加上一層金屬板或玻璃板。精密的分析將表明，这种塵埃以什么样的方式碰击或撞破哪一層外壳，这样就可以計算出星际空間中流星塵的准确分量。在这一研究的基础上，可以很精确地确定宇宙船在稠密大气層外的宇宙中运行期間遇到流星时可能遭遇到的危險。

根据 1953 年發表的材料，美国有一次在試驗时，把火箭發射到 40 到 140 公里的高空，火箭在高空的 144 秒鐘的时間內，与極小的流星發生了 66 次碰撞，平均 1 平方公尺的表面 1 秒鐘內被击中 4.9 次❶。

在其他实驗中，当磨光的金屬板在很高的高空停留一会

之后，再用显微鏡来檢查，便發現一些由于小流星撞击而产生的小坑。据斯塔紐科維奇教授的計算，宇宙船在几个月內只能遇到一次平均 1 克重的流星。

上面所談的是利用人造地球衞星所能解决的許多天文学問題中的一部分。

人造地球衞星对天气預报也有重大意义。例如，不久前發現的流星塵与降雨之間的相互关系，就值得很仔細地进一步研究。

观測員在地球上看不到的許多气象現象，如果从衞星上观測，就能看得十分淸楚。目前，气象学家还不得不去搜集那許多根据自己有限的一些地上观測所取得的材料。得到的情报要滙集到中央局，并在那里总結，以便确定能够說明气候情况的必不可少的数値。如果利用人造衞星，則可以立刻把籠罩在地面上空的全部云層拍攝下来，在一晝夜之間，至少可以做好几次。这样，可以立刻得到有关冰情的材料，也可以立刻得到会影响整个地球的天气的其他因素的情报。

毫無疑問，在大气層外建立这种气象站会根本改变天气預报的理論和实踐。

利用專門的底片和其他仪器，气象学家將能够确定地球上空大气層中無云地区的湿度，也許那时还將能确定地球上大部分地区的溫度。風速和風向在大气層內是比較难以确定的，但是，如果一連許多年連續地对云層形成过程进行攝影观測，这种情报將会不断地改进。所有这一切，就能使气象学家預报天气比現在所做的要准确得多。

---

❶ 根据苏联在 1958 年 2 月 21 日發射的高达 473 公里的火箭的探測結果，火箭从 125 到 250 公里，每平方公尺的表面受流星撞击 44 次；从 250 到 300 公里，撞击 9 次。——譯本出版者

气象学家將能預測出后几周的天气，因为他們將能确定大的云層、湿度、温度和風的性質之間的相互联系。

預报后几月或后几年天气情况的長期天气預报，只有在下述情况下才有可能，即气象学家已得到的材料中再加上有关太陽輻射和大气塵的形成等材料。

目前，天气的变幻無常給人类帶来巨大的損失和灾难。正确而又長期的天气預測越来越成为不可缺少的了。但可靠的天气預測只有当气象学家能支配星际气象站的时候，才有可能。

为了进一步發展航空和火箭技术，也必須获得关于高空大气層的某些特点的可靠材料。那里的温度眞的超过攝氏1,000度么？为了推动影响我們天气的大量空气和云層，地球要吸收多少太陽的熱量？高空有什么条件影响我們的天气？由于什么原因使指南針在高空指示的方向不正确？完全有可能，某些有关指南針活动的特殊材料，会使人們了解地磁的实質。

利用人造衞星，人們可以得到一些說明地球形狀及其內部構造的新的科学材料。很难令人相信，离开了地球，我們竟然能够进一步地認識它的內部構造。但事实如此！地球的形狀是比較容易确定的，只要离开它一定的距离，而不是紧貼在它的上面就行了。从人造衞星上將可以更准确地确定地球上各个点之間的距离。

利用兩个能够記录衞星在空間位置的独立系統同时观測衞星的运行，人們就可以測定这兩个系統的支点在地面上的准确距离。

例如相应的計算表明，如果在測量衞星在空間的位置时，角度的誤差为5分，时間的誤差为0.01秒，那么在測

定地面上系統的座标的时候，每个座标的差誤只有38公尺。

只要准确地确定了衞星的軌道，那么，測量衞星在地面上特定点間运行所需要的时間，就可以确定它們之間的距离。

根据对衞星軌道逐漸改变和衞星一般的"寿命"的观察，可以得到关于高空中阻碍衞星运行的物質的材料。把这些材料与其他一些材料相对照，就可以确定在这样的高度上大气的密度。

人造衞星不仅仅能够帮助天文学家、气象学家、地球物理学家研究一系列的現象，它还能帮助物理学家揭开宇宙綫起源的秘密。現在科学家們还不能在实驗室的条件下制造这种射綫。他們还不能在它的本来形态中非常准确地研究它。因为这种射綫的一部分被大气吸收了。

由于有了人造衞星，物理学家就有可能在那种他們在地球上想像不到的条件下进行实驗。这將是在完全的眞空里。在沒有重力影响的条件下所做的实驗，而重力是会破坏某些特别精密的仪器的工作的。

很少有人懂得，在地球上所取得的即便是最好的眞空也是很不够的。在地面上的实驗室里所取得的几乎是最理想的眞空，每1立方厘米的空間也有数十亿的原子。而在大气圈外，在星际空間的眞空里，每1立方厘米的空間里总共不超过1,000个原子。此外，在地上搞較大規模的眞空实驗是那样复杂，以至通常这种实驗竟無法实現。但利用衞星，物理学家將能在数百公里的眞正的眞空里面进行实驗。

有了衞星，人們进行試驗的另一个有利方面將是研究低温和超导性。衞星的背陰面的温度比絕对零度只高几度。在

完全真空的条件下，絕緣將是最簡單的。因此，在比現在地球上更接近于絕对零度条件的情况下，物理学家就能够在低温研究方面进行更广泛、深入的工作。

宇宙綫对生物有机体的作用，是生物学上很重要的問題之一。原始宇宙綫的重組成部分（即較重的核——譯本出版者）对生命組織的作用，屬于所謂長时期持續射綫作用的范疇。这种作用的性質是：緩慢，起初是根本不显著的，但逐步地破坏着生命組織。这种作用的特点是：电离的剂量（根据国际正式規定，它常常在被允許的范圍內）实际上是分布得極不平衡的。这样，少量受到輻射的細胞所得到的电离的剂量，超过平均的完全电离剂量数十万倍。实驗确定，这种“沉重的核打击”將引起生物体系細胞的某些局部損害。

現在还沒有什么消息，表明可以克服这种核打击，使生物体避免由于毁灭性的放射作用而死亡。

近几年来，人們曾經不止一次地用同温層火箭把不同的动物——老鼠、狗和猴帶到150公里或更高的高空中去，以研究大气層外的火箭飞行对它們發生的作用。自动电影攝影机拍攝下它們在艙內的活动，另有專門的仪器記录它們的脉搏、呼吸和血压等等。当它們回到地面的时候，它們像平常一样感覚得很好。

苏联科学家从1951年起，开始进行用同温層火箭，把狗和其他动物帶上高空的試驗。去年12月，在巴黎的国际火箭导彈会議上航空医学研究所領导人波克罗夫斯基报告了这些試驗的某些結果。

此外，他們还曾把一塊被保存的人的皮膚用同温層火箭送到高空中去。当它回到地面的时候，它并沒有失去它的生命力，仍然可以把它移植到健康人的身体上。但是，同时也

不应忘記，生物有机体和細胞在大气層外只停留了極短暫的一段时間——一共只有几分鐘。

为了徹底回答生物体怎样在宇宙空間里生存的問題，必須在較長的时間內对动物进行观察。在許多天的观測中，研究在大气層外宇宙綫对有机体的長期影响，將是对科学的重要貢献。从人造衞星上进行这种观測，会大大地促进这个任务的解決，并且比用气球或火箭所进行的这种观測，更有效得多。

如果不去注意目前物理学家所涉及到的并且有一鱗半爪报道出来的問題——超重核的頻譜和質譜的問題，而只去研究原始宇宙綫对有机体的影响，这是不全面的。

在大气層外进行長时期的研究，將帮助我們搜集有关这些重核的材料。这些材料与用动物进行試驗不同，可以通过無綫电傳到地球上。目前，已經制成进行这种測量的專門仪器和專門的脉动电离室。在这种室里設有分析重核譜所必需的灵敏可靠的仪器。这种室是用来在高空中記录重核的。因此，人們必須把它裝在空中气球里放到高空中去。如果在人造衞星上运用这种方法，便沒有任何困难。

談到失重对生物有机体的影响的时候，应該指出，关于它的生理作用的知識，現在还比較少。当物体自由下落的时候，当火箭的头部在沒有重力的大气層外飞行的时候，或者在带發动机的高速飞机在垂直平面上沿着向上凸起的弯曲軌道飞行的时候，都可以人工制造失重状态。

比較有效的办法是利用火箭。因为用它可以在几分鐘之內制造失重状态。但是，由于对試驗的安全后果尙沒有充分把握，目前还不能拿人来进行試驗。

第二种有效方法是高速飞机沿着弯曲軌道飞行。按照这

种方法，可以使人获得約30秒鐘的失重狀态。采用这种方法来进行試驗，直到目前尙未看到任何生理上的破坏和死亡事故。火箭帶动物——狗和猴子进行的实驗，也是同样的情况。但考虑到观測的时間很短，还不能把它看成是最后的結果，因为在对有机体長时間作用的条件下，失重狀态可能对它的机能有某些損害。

在人造衞星的动物艙里，这个問題可以得到更仔細的研究。試驗的成功与否，并不取决于动物是否会回到地面上来。利用遙測方法，人們能够得到关于它們的呼吸和心臟跳动次数的有价值的材料。也可以得到有关艙中动物情况的宝貴材料。在比較長时間的处于失重狀态下，也許能够研究出它对人的影响，如迷失方向等。虽然迷失方向的研究，已經順利地用火箭运載老鼠飞行进行了实驗，但是，利用动物作这种試驗价值究竟是有限的。

从上面所談到的一切，可以得出这样的結論：用衞星做試驗的可能性实际上是無限的。在造成了人造衞星之后，人类將在消除科学中的障碍的道路上前进一大步。揭露許多宇宙秘密的科学家們將会找到进一步征服自然的道路。

現代彈道火箭

現在差不多大家都知道的制造宇宙飞船和人造地球衞星的現实方案，通常都是以类似現代远程彈道火箭的一种火箭为基础的。

“V-2”火箭就是其中的一种。德国人在制造这种火箭的过程中，实現了齐奥尔科夫斯基在1896—1903年期間写成的天才著作中，以及后来一直到1935年（他逝世的那年）以前写成的著作中第一次闡述并作了科学論証的所有基本

思想。

从第二次世界大战中，用“V-2”火箭作战到今天，已經有14年了，許多国家已經装备了射程远得多、彈头更重、精确性更大的、更加完善的火箭。

彈道火箭是沒有机翼的，样子很像一根雪茄烟，它的前面尖削的部分安放着火箭所携帶的有效負載。在軍用火箭中，这里通常放着爆炸物、原子彈头和热核彈头，在供研究用的彈道火箭中，这里放着仪器和生物（在适当容器內或穿上密封的飞行衣）。

在有效負載后面安放着控制火箭飞行的仪器、燃料箱和發动机。

火箭平衡和控制飞行的外部机構是像現代的飞机那样的尾翼，它的上面装有空气舵和装在从火箭發动机內噴出的燃燒到高温度的气流中的所謂燃气舵。利用燃气舵就可以在沒有空气的空間中控制火箭。有些彈道火箭結構中不用气舵和空气稳定器，而利用發动机同火箭縱軸成不大角度（5—7°）的傾斜度。同时，反作用力的作用綫并不通过火箭的重心。結果，就使火箭可以相对于它的重心向理想方向轉动。

彈道火箭通常都是向上垂直發射的。火箭在垂直方向获得某种前进速度后，利用特别的程序机構、装置和控制机構逐漸地从垂直方向开始轉变到向着目标方向的傾斜狀态。在發动机快停止工作时，火箭縱軸获得同它的飞行最远距离相符合的傾斜角，而速度即与保証这一射程所必需的、严格規定的值相等。

在發动机停止工作后，火箭的繼續飞行就全靠慣性了，在一般的情况下是循着差不多呈严格的橢圓形的彈道前进的。在彈道頂点，火箭飞行速度值最小。彈道火箭彈道的頂

部通常离地面数十公里高，有时达到数百公里高，那里由于大气稀薄，差不多完全不存在空气阻力了。

在彈道的下降的一段上，由于高度降低，火箭的飞行速度逐漸增加。在繼續下降时，火箭以高速度穿过稠密大气層。同时彈道火箭外壳的温度强烈地增加，这时如果不采取必要的防护措施，火箭可能焚毁，彈头部分甚至会發生爆炸。

如今，現代彈道火箭發动机大多是使用液体燃料的。液态氧、硝酸等等被用作氧化剂，而在这种情况下燃料是酒精和煤油之类的各种碳氫化合物。

近来，国外有这样一种趋向，就是使彈道火箭改用固体燃料、火棉油炸葯以及固体氧化剂同瀝青、树脂和合成橡膠这一类碳氫化合物的特制的混合物。

不久前美国制造了“紅石”火箭，火箭的头部在飞行时可以分开。这种火箭現在正在大批制造。这种火箭可以携帶原子彈头。火箭是由住在美国的德国工程师❶設計的。“紅石”火箭現在更名为“丘辟特-A”火箭（也有意譯成木星A式火箭——譯者），它是“V-2”火箭的进一步發展。火箭發动机是使用液态氧和酒精的，但是它的推力增加到32吨。这种火箭比“V-2”火箭長4公尺，它的直徑从1.65公尺縮短到1.52公尺，而射程从270公里增加到320公里。还有消息說，由于彈头部分重量的減輕，这种火箭的射程可能增加到800公里。

---

❶ 这批德国人为首的叫做布劳恩，他在德国納粹統治时代，主持V-2的設計工作，納粹失敗后，和一百多名德国火箭專家一起給劫往美国，在美国仍从事火箭研究設計工作。美国的探險者一号的衞星，就在他主持下發射，由此也可見，美国火箭技术的落后。

据推测，在这种火箭的基础上將創造另一种彈道火箭——射程达2,400公里的所謂“中程”“丘辟特-C”火箭。

除了軍用火箭外，还在制造和試驗各种各样类型的供科学研究用的火箭。其中有些火箭的用处是飞到高空，研究那里的大气物理狀态，大气的本質和特性、太陽輻射的大小、宇宙綫强度、高能量粒子物理学、生物在宇宙空間的狀况等等。

另外一些火箭的用处是檢查远程火箭各种結構部件、多級火箭操縱裝置和分离机械的工作情况，發射工作，發动机在稀薄介質条件下的工作，同地面的無綫电联系等等。

可以举美国的“維金-12式”研究火箭（也可以意譯作海盜-12式火箭——譯者）做例子。这种火箭以前叫做“海王星”式，早在1947年就开始研究了，一直搞到現在。它所用的燃料和“V-2”火箭相同，是液态氧和酒精，飞行的控制系統是自动化的。“海盜-12式”火箭發动机的推力是9.5吨，而發动机的工作时間是105秒。燃燒室的燃料由渦輪泵供給，机組是由高度濃縮的过氧化氫分解时形成的蒸气所帶动的。由燃料

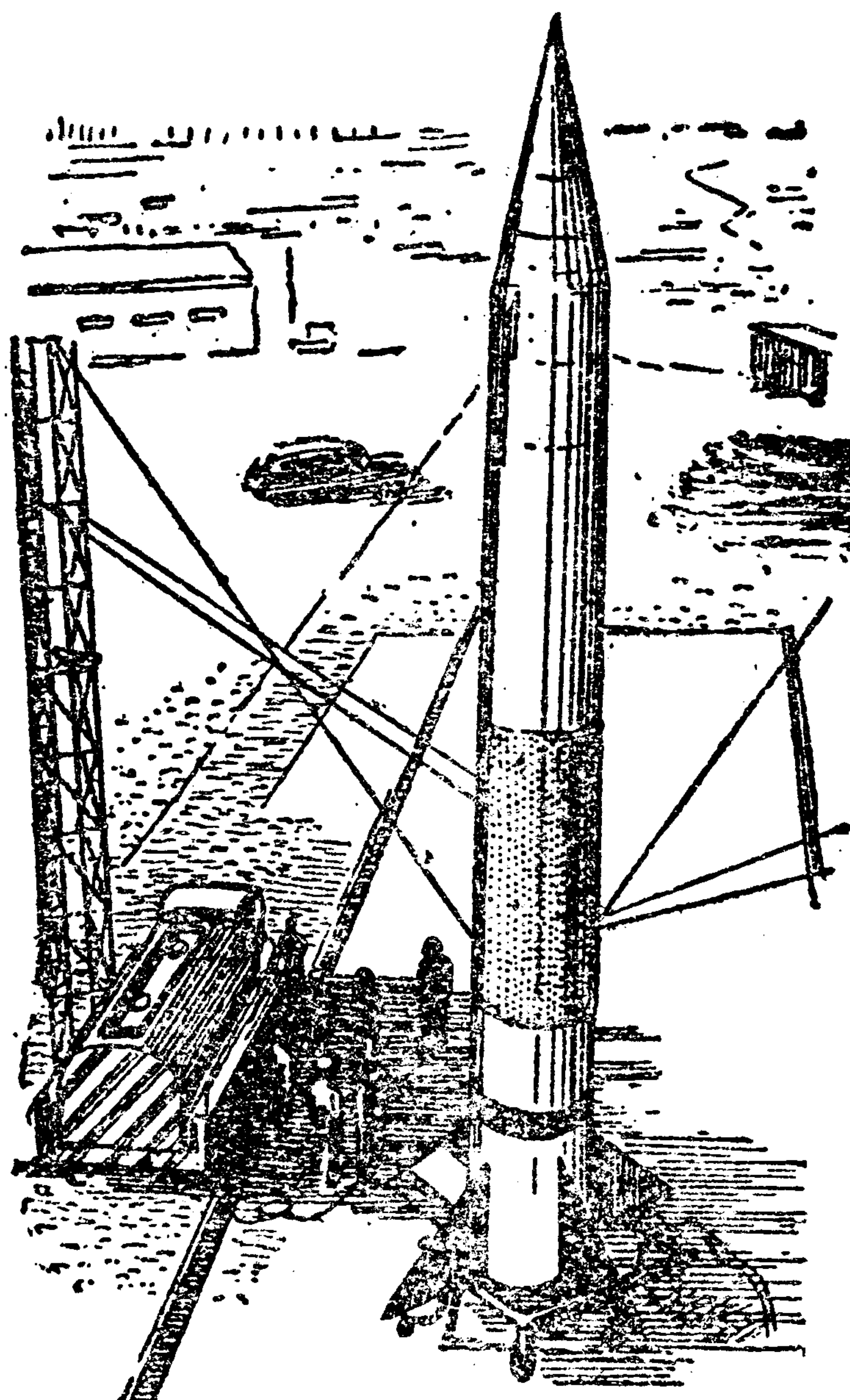


圖1 “維金-12式”研究火箭在上燃料

箱向燃料泵供給液体燃料和电动冷气活門的工作是利用在火箭机体中的每平方厘米 250 公斤压力的气态氦而实現的。

这种火箭的油箱可容 5.5 吨燃料。連同發动机裝置火箭結構的净重（不算有效載重）約为 940 公斤。

“維金-12式”火箭燃料箱和氧化剂箱是由承力部分制成，沒有隔热裝置。因此，当火箭在發射地点添裝液态氧时，氧化剂油箱才复盖上隔热的外壳（見圖 1）。

为了收回火箭中的研究仪器部分，規定把火箭机体可以同裝有仪器的头部分开，头部用降落傘降落。

尽管这样，各种測量所获得的材料，还是有很大一部分是在飞行时利用遙測無綫电裝置而直接發送到地面上来的。

載重 450 公斤的“維金-12式”火箭，在1955年 2 月 4 日，曾上升到 232 公里高度；而它的先行者“維金-11 式”火箭，在 1954 年 5 月，达到 254 公里高度，它的載重量是 340 公斤。

初步計算表明，在現有的动力可能和当前已知的燃料和物質条件下，火箭要达到高速度和远距离，只有从簡單的一級火箭过渡到組合的多級火箭，才可能实現。关于这个条件，齐奥尔科夫斯基当时曾詳尽地、令人信服地闡述过。他在自己的著作中管这样的火箭叫做“宇宙列車”。他預言，利用当时已知的燃料和制造火箭的物質，用这种方法將可以达到使火箭克服地心引力和飞往星际空間所需的宇宙速度。

制造兩級和三級組合火箭是在这个方面的最初的实际步驟。制造这种类型的火箭要求实际解决整整一系列复杂的問題，在稀薄大气層条件下火箭發动机的及时点火也許是这些問題中的最复杂的問題。

現在，为了把战斗負荷載运到非常远的距离，除了运用

有翼的火箭，即人們常常称之为飞彈的以外，还运用了多級彈道火箭。它們还称为洲际火箭，所以称之为洲际火箭是因为它們的射程非常远，它們能够把負荷从地球的一洲运載到另一洲。火箭体內，前部通常放置彈头（現在通常是原子爆炸物或是热核爆炸物），其后是控制系統，燃料箱和氧化剂箱以及大功率的火箭發动机。火箭射程越远，它的体积和起飞重量必然越大。

洲际彈道火箭的發射同單級彈道火箭的發射相同，是从一个小的發射場上發射出去的。在头几秒鐘，火箭按照严格垂直的方向冲上去，而后控制系統平稳地使它在垂直平面上旋轉到目标这一方。火箭第一級的全部燃料燃尽后，这一級連同它的上面所裝置的發动机、控制机構和器械就同火箭的主体分开。下一級的發动机即开始工作，以后可以照此类推。达到預定的飞行速度后，最后一級的發动机就熄火，于是火箭就在 1,000 公里的高空划一个橢圓形的彈道，以高速向下面的目标冲去。在这种情况下，火箭飞行速度可能达到每小时 2 万到 2 万 5 千公里。

应当着重指出，火箭飞行的彈道主要部分經过地球上空 1,000公里这样非常高的沒有空气的空間，那里几乎感覺不到空气阻力。随着火箭的下降和接近目标，地球的空气層开始剧烈地阻碍火箭的运动。由于火箭体的外表同空气的摩擦，火箭壳体的温度强烈地增高，因此，火箭的外壳，主要是它的前部是由特殊的耐热材料制成的，或是塗有傳热慢的耐火材料，以便預防火箭結構主要承力部件的發热。

由于高速飞行，洲际彈道火箭的襲击是突然的。这种火箭的另一重要性能是極大的准确性。据报紙材料和根据有关的計算，可以推測，火箭的可能誤差不超过15—20公里。在

火箭装上热核彈头时，它的准确性可完全保証有把握地击中任何目标。最后，应当考虑到，洲际火箭的發射場非常小，容易設置在任何地形中，容易伪装。上述一切使洲际彈道火箭具有巨大的战斗威力。

据塔斯社 1957 年 8 月 27 日公报指出，苏联成功地發射了超远程多級洲际彈道火箭。

火箭的試驗已經成功。試驗完全証实了事先的計算和选擇的結構的正确性。火箭飞行所經过的非常高的地方是任何一个飞行机械还未能达到过的。火箭在短时間內經过远距离而落到預定的地区。

所获得的結果証明，火箭可以發射到地球上任何一个地区。制造洲际彈道火箭問題的解决，使得不用战略空軍就可以达到辽远的地区，而战略空軍是近代防空工具 所 容 易 攻破的。

在制造洲际多級彈道火箭方面，苏联远远赶过了美国。向全世界大吹大擂的美国多級火箭已經試驗失敗，白白浪費了在它們身上所花費的物質財力，并辜負了美国某些政府要人所寄予它們的政治希望。

各国都指出，苏联火箭是世界上独一無二的。

苏联制造的洲际彈道火箭的試驗成功，不仅打击了美国原子战略及其原子閃电战和在我国四周建立空軍基地政策的軍事計划，而且也是几个月后發射成功人造地球衞星的第一个現实步驟。

1956 年 9 月在美国佛罗里达空軍射击場 曾發射 了一 个三級火箭，火箭最小的一級射程达 4,800 公里。

这个組合火箭最大的一級是“紅石”火箭，它現在改名为“丘辟特 A 式”。中間一級是一捆“新兵”固体燃料火箭，最小

的一級是一个"新兵"固体燃料火箭。

"紅石"火箭全部燃料燒尽后，它就同固体燃料火箭分开，落在离起飞地点160公里的地方。中間一級的一捆固体燃料火箭繼續推动最小一級固体燃料火箭前进，当介体中的全部裝药燒尽后，它也同最后一級，即最小的一級分开，落到离發射地点1,300公里的地方。最后一級固体燃料火箭繼續疾駛，借助本身發动机上升到高640公里的程度，落到4,800公里的地方，同时，据报紙报道，这个火箭的头部正像事前所推測的那样，好似一顆隕星以高速（每秒5公里的程度）落下，在进入大气濃密層后并沒有燒完。

如果能够垂直地發射这种火箭，那么它的有效載重就能达到900公里的高度。

到1957年初，美国制造了"阿特拉斯SM-65式"洲际导彈（也有意譯成地圖SM-65式的——譯者）的試件，它的初重大約为110吨，設計射程为8,000公里。

"阿特拉斯SM-65式"火箭是兩級火箭。在上升和推进时，它的三个發动机装置都工作，三个發动机装置共有152吨的推力。在燃料用尽后，輔助起飞的火箭連同空燃料箱和發动机同火箭主体分开，而用一个發动机装置繼續飞行，它的推力約为61吨。火箭發动机所用的氧化剂是液态氧，燃料是二甲基肼。

根据外国报紙所公布的材料，1957年6月11日和1957年9月25日所發射的"阿特拉斯"洲际导彈，并沒有得到令人滿意結果。在这兩次試驗中，火箭發出后升到一、二公里的高空就爆炸了。

預計射程达5,000公里的美国"雷神"和"丘辟特"彈道火箭試件，在1957年初的試驗中也表明达不到令人滿意的結果。

液体燃料火箭發动机或液体燃料火箭發动机加固体燃料火箭發动机組成的动力裝置是任何多級火箭結構中最重要的一个环节。

为了火箭發动机实际發揮全部效能，为了使它的性能的数量指标达到預計的值，必須首先在地面上固定条件下試驗这些發动机。

这种試驗在为此專門建立的試驗台上进行。如果試驗“V-2”式火箭發动机的試驗台要保証能够进行推力为25—30吨的火箭發动机的火力試驗，那么現在就需要有能試驗推力为几十甚至几百吨的發动机的試驗台。

在現代的試驗台中，有一种可以对推力达220吨的火箭發动机的工作进行全面的研究（見圖2）。

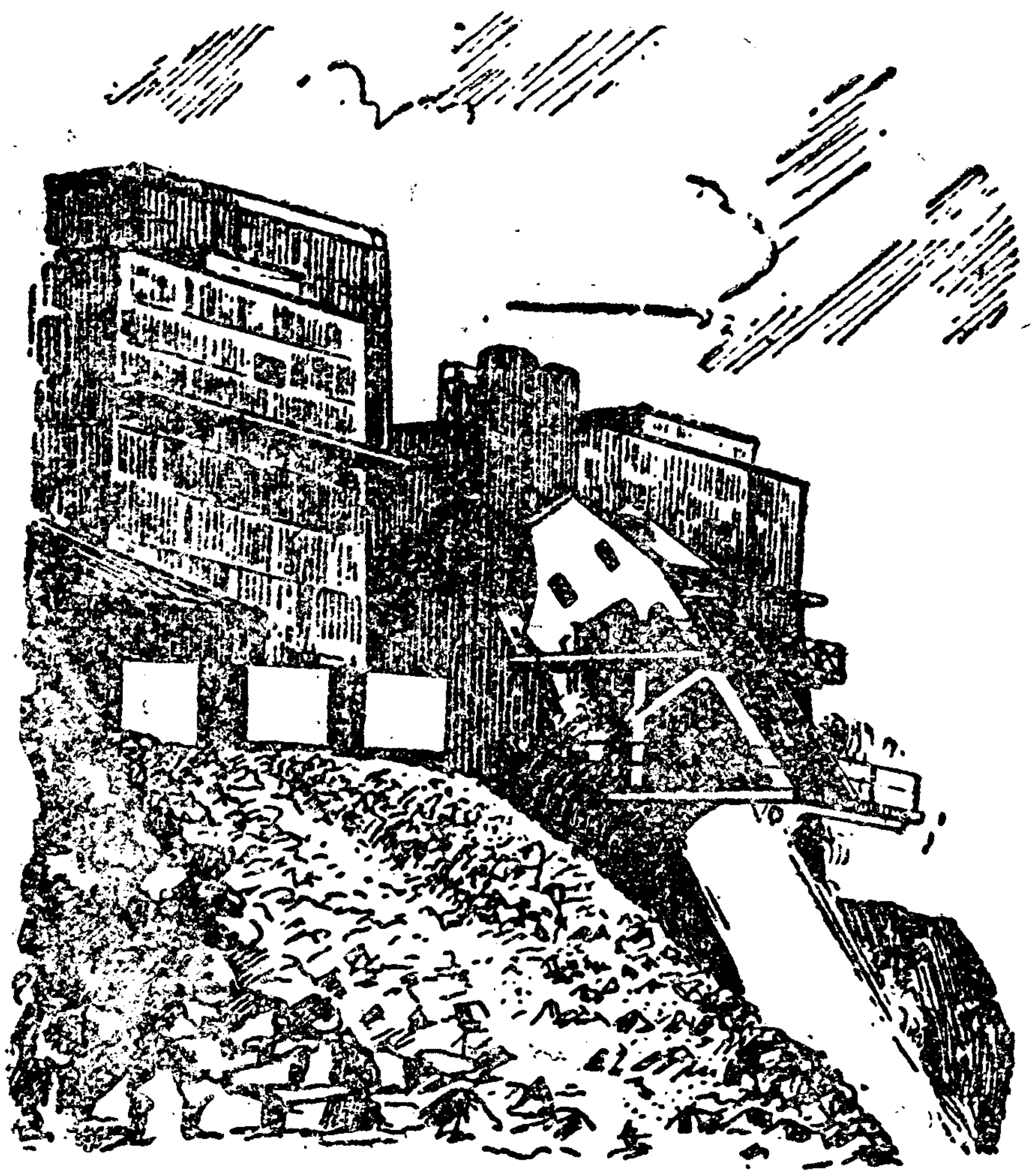


圖 2 火箭發动机的火力試驗台

这种試驗台設置在山坡上，所以要这样做是因为，在这方面必須照顧到从火箭噴口中噴出的熾热气流的冷却。

为了試驗洲际組合火箭的飞行，須要有很大的射击場，1947年在澳大利亚建筑了这样的一个射击場，不久前在大西洋地区又建筑了一个。

在上述第一个射击場(英国的)附近，在澳大利亚南岸的

埃巴山上設置有一个發射台。射击場的軌道朝西北方向伸展。軌道的第一段長500公里，飞越过澳大利亞的維多利亞大沙漠上空；第二段長1,800公里，經澳大利亞領土到印度洋。第三段軌道長3,000公里，經过印度洋上空到英屬聖誕島。軌道的寬度为320公里。

另一个美国的射击場的軌道从佛罗里达州的卡納維拉尔角开始。这条軌道綫向东南延伸到巴哈馬群島。到1953年年中，这条軌道已开拓到格蘭德-特克島。这时，射击場的長度就等于1,280公里了。計划繼續增加这个射击場的長度，先延長到波多黎各（1,600公里），而后延長到圭亞那沿岸（3,500公里），到巴西沿岸（6,000公里），再經过大西洋的非洲南端直到好望角（12,000公里），最后到南極（20,000公里）。

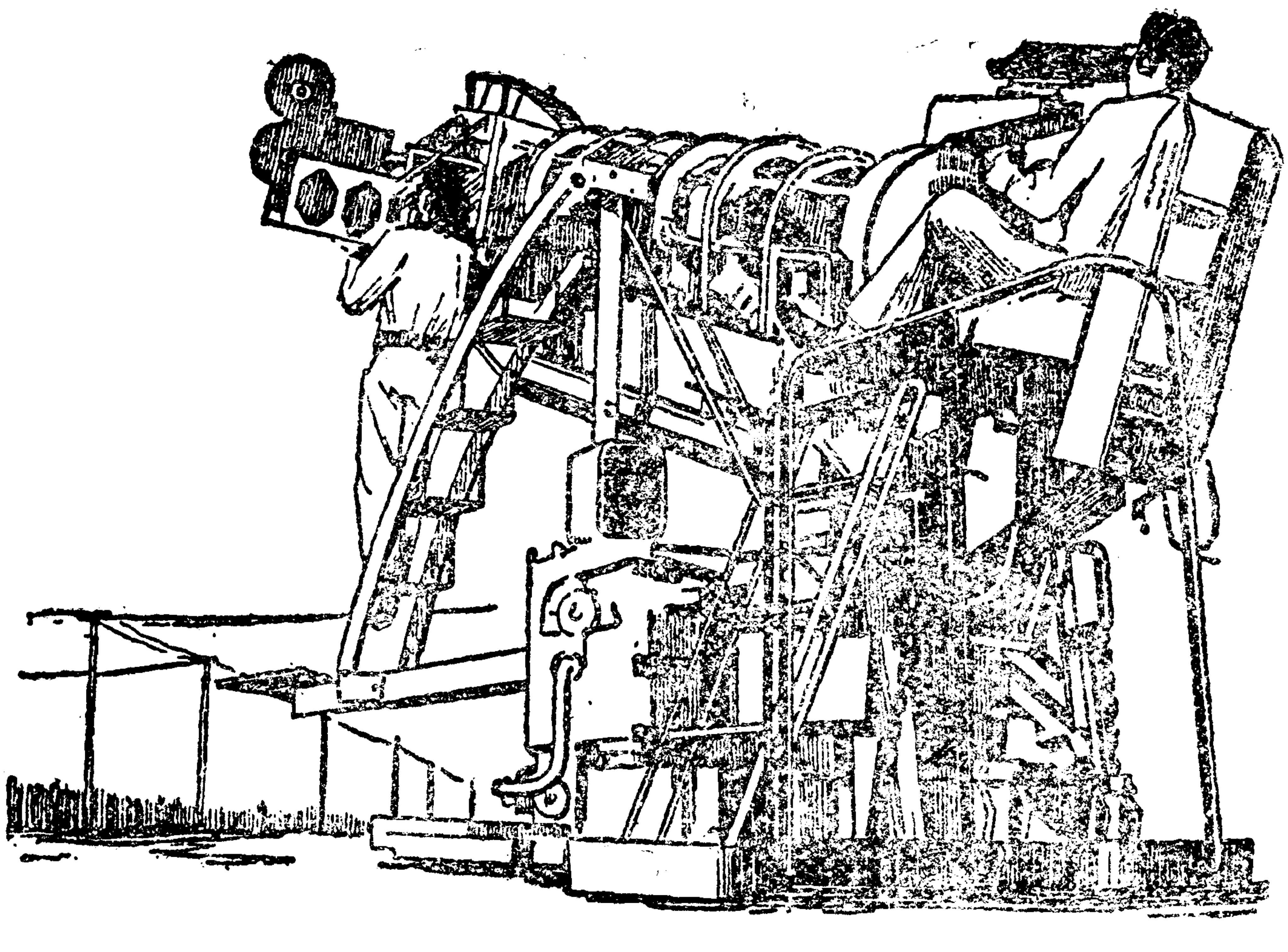


圖3 在一个为火箭射击場的軌道服务的中途站上安裝的特制經緯仪裝置

在这个洲际射击場軌道的沿途上建立了許多中途檢驗站。这些檢驗站裝备有观測导彈飞行用的特別的雷达裝置和經緯仪裝置，还裝置有特別的攝影机（見圖3）。

相隔80公里的兩部电影經緯仪可以观看到导彈的飞行，每公里的最大的誤差不超过140厘米，而最好的雷达系統在这种情况下的誤差达1.7公尺。

望远鏡的分辨本領只能看到像足球大小的东西在13公里的上空的飞行。

占地几千平方公里的試驗地区由中央檢驗所的檢驗組进行經常的檢驗。

这个組用雷达和电訊設备不断获得有关在試驗地区內的所有飞机和船舶的材料。自动裝置不断繪制火箭飞行彈道。如果火箭發生故障或是离开預定的路綫，負責安全的官員就按动电鈕，向火箭飞行地区立即發出訊号，或干脆使火箭在空中炸毁。

苏联人造衛星

不久以前，全世界的人們都亲眼看見一件有偉大历史意义的大事。它标志着科学技术發展和人类实現其征服宇宙空間的最大胆理想的新阶段。这件大事就是：苏联在1957年10月4日成功地發射了世界上第一个人造地球衛星（圖4）。

衛星發射的消息像閃电般迅速地傳遍全球。差不多从衛星繞地球旋轉的头几圈开始，世界各大洲就有許多人观察到了衛星在各个不同地区的上空飞过❶。

建立人造地球衛星要求解决一系列極为复杂的完全新的

❶ 以下載入了曾經在1957年10月9日"眞理报"上刊載过的材料。

科学技术問題。最大的困难是設計把人造衞星發射到軌道上去的运載火箭。为了發射人造衞星，創造了結構上極度完善的火箭，創造了在極高的温度条件下运轉的、大功率的發动机，研究出了火箭运动的最佳条件，保証能够最有效地利用火箭。火箭要把衞星發射到軌道上就必須具有規定的运动規律，为了保証这种規定的运动規律，設計出了一种十分精密和有效的火箭自动控制系統。

这些問題和很多其他極困难的問題之所以能够解决，是由于运用了科学技术各方面的最新成就，首先是由于苏联火箭制造業的高度技术水平。我国科学技术潜力的高度水平，科学研究机关、設計局和工業企業的精确有組織的工作，保証了能够在这样短的期間內建造了人造地球衞星。

人造衞星發射之前还进行了大量实驗工作，来創造和調整个别設备和整个体系。人造衞星的發射成功，完全証实了制造运載火箭和人造衞星时的計算和采用的基本技术决定是完全正确的。

第一顆衞星的發射是广泛的科学研究計划的开始。在国际地球物理年內，这个計划將利用接連發射的許多人造衞星来繼續执行，这些人造衞星的重量和体积都还要进一步增加。建造人造衞星是征服星际空間和实現宇宙飞行的第一步。

人造衞星呈球形。它被安置在运載火箭的前端，用圓椎形的保护体封住。运送人造衞星的火箭垂直地發射出去。在發射后不久，依靠程序裝置，火箭的軸开始逐漸偏离垂直綫。在进入軌道去的那一段路程的最后时刻，火箭位于几百公里的高处，以每秒約8,000公尺的速度与地球表面平行地运动。在火箭發动机工作結束以后，圓椎形的保护体脫掉，人造衞星就离开火箭，开始單独运行。

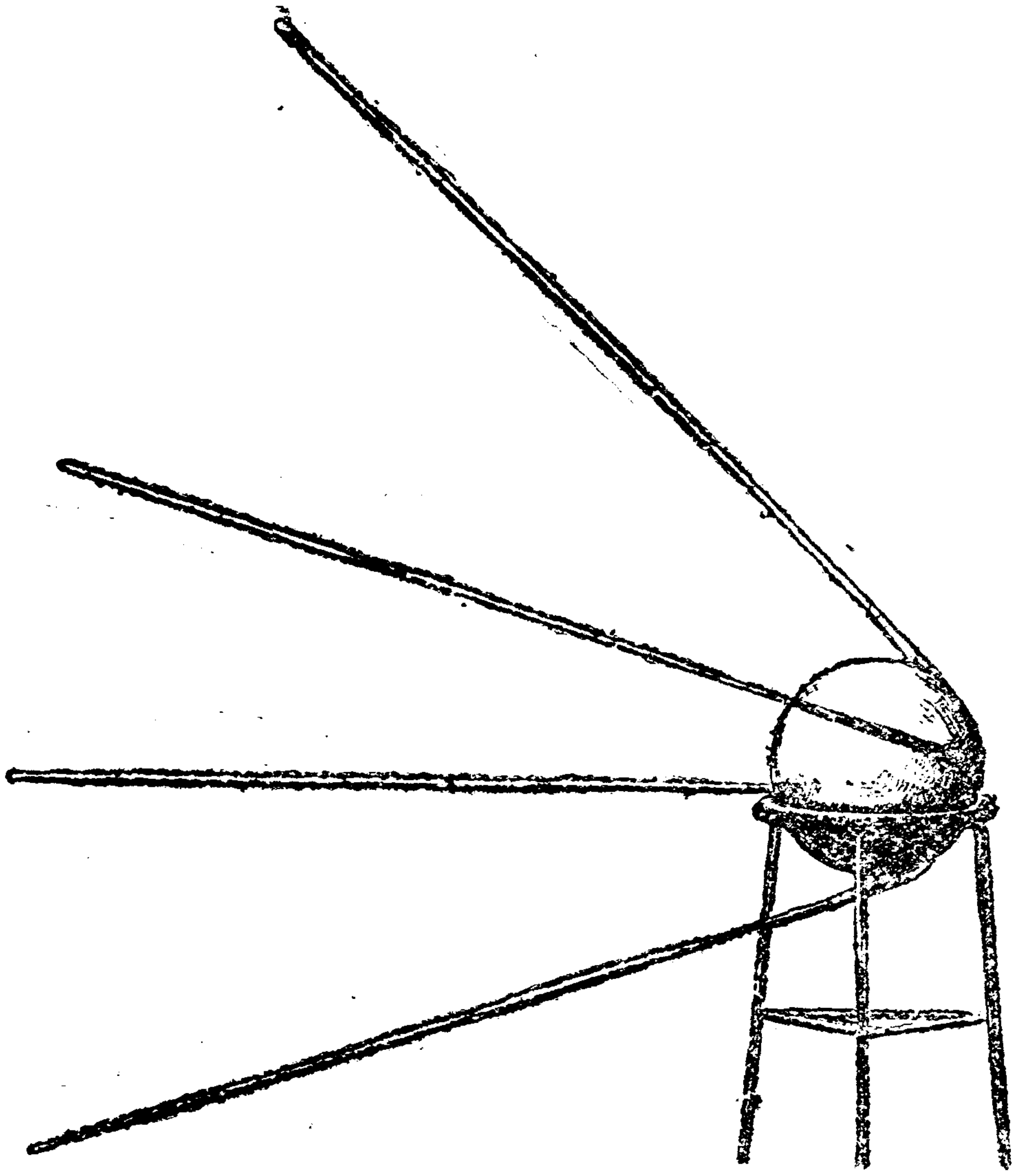


圖 4 苏联第一个人造地球衞星

目前，圍繞地球运轉的是一个裝載仪器的人造衞星、还有运載火箭和圓椎形的保护体。因为保护体脫离人造衞星和人造衞星脫离火箭的速度不大，火箭和保护体在一段时間內同人造衞星离得不远，它們沿着同人造衞星的軌道相接近的軌道圍繞地球运行。随后，由于脫离时的相对速度和大气的阻力程度的大小而造成的运行周期的不同，三个物体分散了，而在繼續运行的过程中，在同一时期內，它們將会在地球表面的完全不同的点上出現。

衞星的軌道

衞星的軌道接近橢圓形，橢圓的焦点之一是地心。衞星飞行时距地面的高度不是固定的，而是周期性地在改变着，最高的时候可达將近1,000公里。目前，軌道的近地点(它的最低点）在北半球，而远地点（軌道最高点）则在南半球。

軌道的平面方向对恒星来說几乎是固定的。因为地球自轉，因此衞星每轉一圈就应当出現在其他地区的上空，每轉一圈移动的位置大約相隔經度24度。实际移动的經度將稍微

大些，因为由于引力場偏离中心軌道的平面將繞着地軸，朝着与地球自轉相反的方向慢慢地旋轉。軌道平面的这种移动距离不大，每轉一次相隔大約四分之一經度。由于地球和軌道平面的相对运动，衛星每轉一周，在莫斯科的緯度上就要比上一次偏西 1,500 公里左右。在赤道一帶位移較大，將为 2,500 公里左右。

軌道平面和地球赤道平面之間的傾斜角度是65度。因此，人造衛星的軌道約在地球南極圈和北極圈之間的各地区上空經过。由于地球环繞地軸自轉，軌道和赤道之間的傾斜角是和軌道平面的傾斜角不相同的。飞到北半球时，軌道向东北方向成 71.5 度角穿过赤道。然后軌道逐漸轉向东方，与北緯 65 度的緯綫相切，并偏向南方，随后向东南方向成 59 度角穿过赤道。在南半球，軌道与南緯 65 度的緯綫相切，然后偏向北方，再次經过北半球。

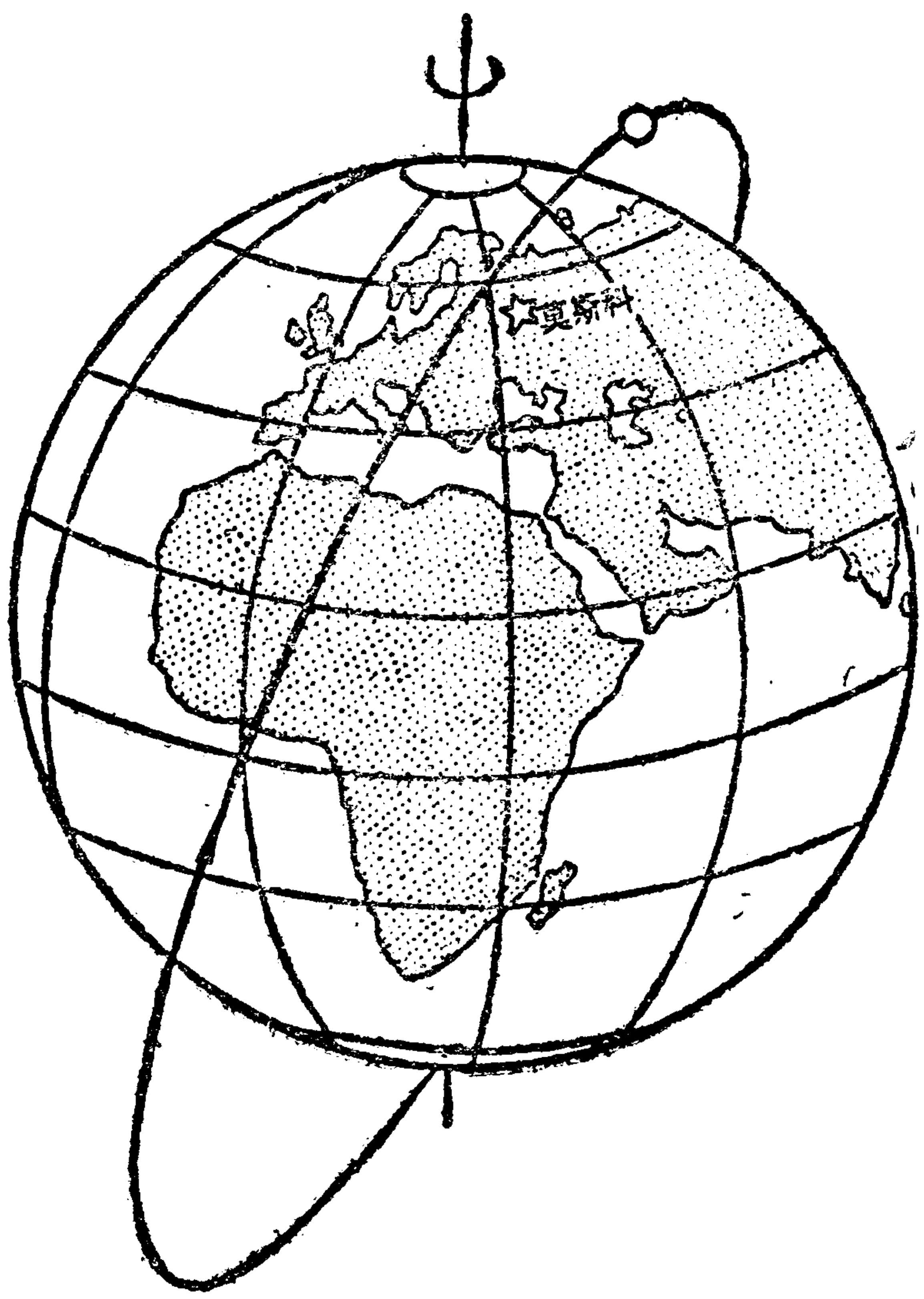


圖 5 第一个人造地球衛星的軌道

随着时間的消逝，由于人造衛星在地球大气上層受到的阻力，衛星軌道的形狀和大小將逐漸發生变化。因为在衛星运行的高空，大气的密度極小，軌道的演变最初將是很慢的。远地点的高度將比近地点的高度減少得更加迅速，因此軌道

將越来越接近圓形。当人造衞星进入密度較大的大气層时，它受到的阻力就变得極为强大。人造衞星發热和燒毁的情形將类似流星从宇宙空間墜入地球大气層燒毁的情形。

目前，我們对大气上層的密度了解得不够精确。因此，暂时还無法准确地預測人造衞星在軌道上存在的时間。根据目前已有的大气上層密度資料和对軌道进行測量的結果，可以肯定人造衞星將环繞地球运行很長一个时期。

現在人造衞星旋轉周期为 96 分鐘。随着軌道的降低，周期將因而縮短。周期变化的速度將成为軌道形狀变化速度的标志。因此准确地測量人造衞星旋轉周期是一項極其重要的任务。

苏联人造衞星的軌道参数使得在各大洲很大的緯度范圍內都能观察到这顆衞星。这为解决各种科学問題开辟了广泛的可能性。可以指出，把衞星發射到这个軌道上比把衞星發射到接近赤道平面的軌道上更要困难。沿赤道發射衞星时，有可能在很大程度上利用地球环繞軸心旋轉的速度来加快运載火箭飞行的速度。

对衞星运行的观察

借助人造地球衞星所进行的研究的十分重要的組成部分，是观察衞星的运行，研究观察結果并且根据研究結果推測衞星繼續运行的情况。观察衞星可以通过無綫电設备，也可以在天文台中通过光学仪器进行。除了專家們用他們的設备进行观察以外，还广泛地吸收無綫电爱好者和一些天文爱好者在天文台上通过特制的光学仪器进行观察。目前苏联有 66 个光学观察站和 26 个支援陆海空軍志願協会俱乐部用大量無綫电观察設备按时观察衞星。此外还有成千上万的無綫

电爱好者个人單独观察衞星。

科学站是用雷达和無綫电测向仪进行观察的。同时也用光学方法进行观察，并且把衞星运行的情况拍攝下来。

我們来談一下天文学爱好者和無綫电爱好者的观察方法，因为这些方法是广大的关心衞星运行的人們都可以做得到的。目前有大量特制的天文望远鏡可供天文学爱好者采用，这种望远鏡在光学上很完善，視角也很大。观察站还有整套的設备，能够測定衞星在一定时間在天空中的位置。

現在有一种仪器，光学仪器观察站就是用这种仪器来观察天空中的衞星位置的，用这种仪器来測量，其精确度可在1度以內，而观察这个位置的时間的誤差不超过1秒。光学仪器观察站在早晨或晚上观察人造衞星，在这个时候，地球表面呈昏暗，而在高空的衞星本身却受到太陽的照射。

应当指出，用天文仪器来观察衞星是有一定困难的，而且和观察通常的天文目标不同，因为衞星在天空中运行很快，其平均速度約为每秒1度。

为了保証观察的可靠性，每个光学仪器观察站都配置有一个或二个由一些望远鏡組成的“光学屏”，这种光学屏是按照同衞星的視軌道相垂直的垂直圓方向而放置在子午綫上的。此外，在寻找衞星时采用了以所謂“本地时間規則”为基础的方法。这个方法利用这样一种情况，即人造衞星的軌道并不参加地球的自轉，而衞星本身將在当地的恒星时間通过預定的緯度，恒星时間随着軌道的旋轉而慢慢变化，軌道由于引力場偏离中心而在絕对空間圍繞地軸旋轉。因此，在一个观察站上衞星在运行过程中將順序地通过天空中的許多点，这些点可以叫做等待点。如果把光学仪器的軸加以調整，使它事先对准天空中当前的等待点，那么迟早必定会發現人

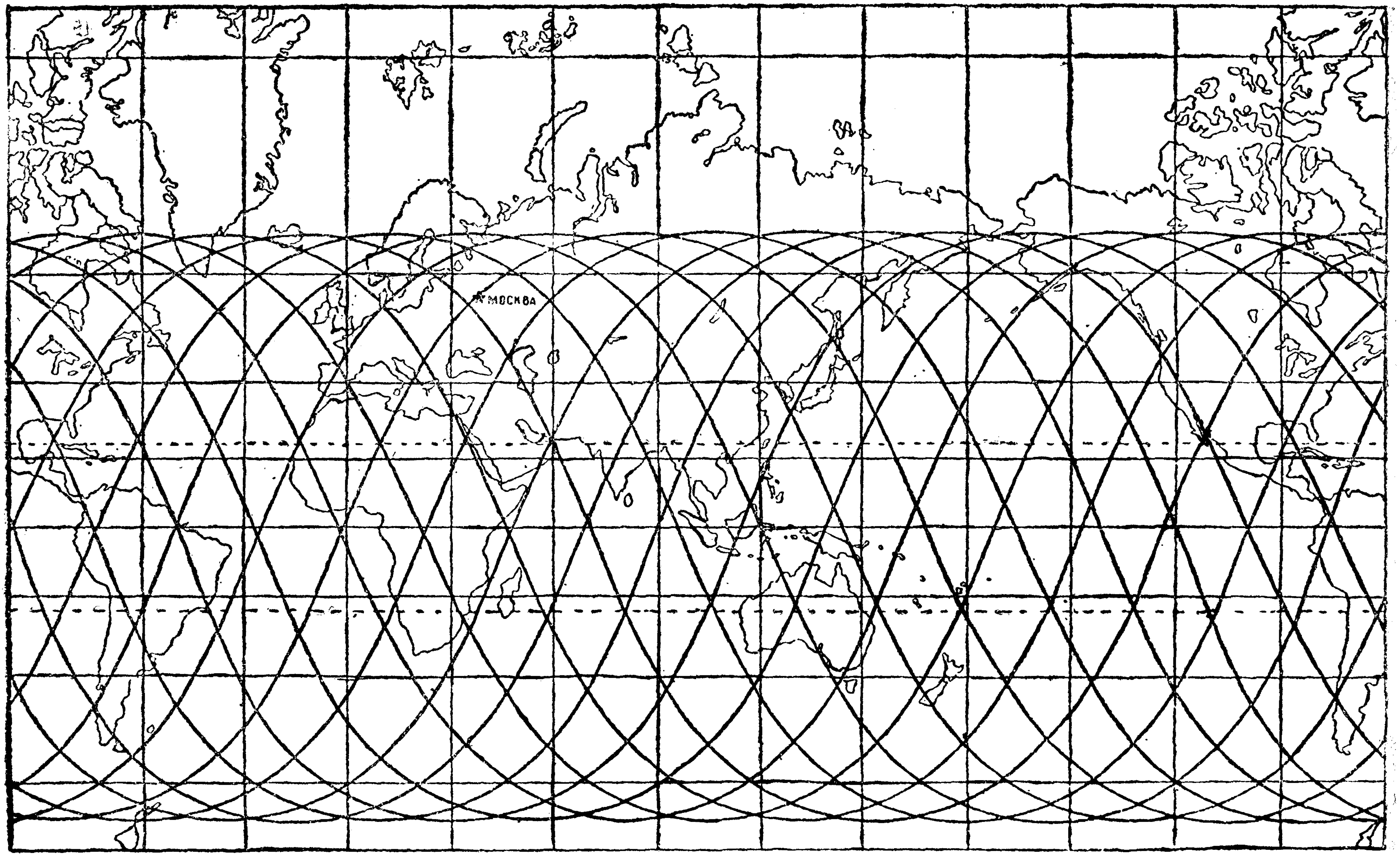


圖 6　人造地球衛星軌道运行示意圖

苏联人造地球衛星的軌道接近橢圓形。由于地球和軌道平面的相对运动，衛星每轉一周，在莫斯科的緯度上就要比上一次偏西 1,500 公里左右。在赤道一帶位移較大，將为 2,500 公里左右。軌道平面和地球赤道平面之間的傾斜角度是 65 度，因此，人造衛星的軌道約在地球南極圈和北極圈之間的各地区上空經过

造衛星。

大批無綫电爱好者用專門設計的接收机对衛星进行着观察。这类接收机的圖样和接收机上測定方位的裝置的圖样早在發射人造衛星以前很久就在通俗的無綫电技术科学杂志"無綫电"上發表了。無綫电爱好者所提供的有关人造衛星运行的情况，不仅可以用于研究無綫电波通过大气層的規律，而且当無綫电爱好者使用測定方位的裝置时，还可以利用他們所提供的情报粗略地測定衛星軌道要素。

截至目前为止，無綫电爱好者已經提供了大量的对人造衛星的观察材料。在許多地方，衛星的通过就是天文爱好者發現的。在其他一些地方，很遺憾，由于云量的关系直到目前还沒有能进行光学观察。

科学站以及無綫电和光学观察爱好者的全部材料目前正在集中和加工整理。把这些材料整理完畢后，將測定出軌道要素及其今后長期的偏离。在整理材料时，使用最新的計算工具，如电子計算机。整理之后，就可以校正軌道参数和預告衛星的运行。此外，来自观察站的材料还可以用来利用衛星进行許多地球物理学研究，如根据衛星軌道参数的演变来測定大气密度等等。

衛星的特性

如前所述，衛星呈球形。它的直徑为58公分，重83.6公斤。衛星的密封外壳是用鋁合金制成的。衛星的表面光滑，并且經过特殊加工。体內裝置有衛星的全部器械以及器械需要的能源。在發射之前，人造衛星体內裝滿了氮气。

在衛星体的外面裝置了長2.4到2.9公尺的四根杆狀天綫。在發射衛星时，天綫杆紧貼在火箭体上。在衛星射出去

后，天綫杆扭轉自己的接头，而呈圖4上所描繪的样子。

人造衛星沿軌道运行时，周期性地受到激烈無常的热影响——在地球向陽的一面飞行时的陽光的灼热，在地球背光的一面飞行时的冷却以及大气的热影响等等。此外，衛星內仪器設备在工作时也散發出一定的热量。在热度关系上，人造衛星是处于与周圍空間进行輻射热交換狀态的一个独立天体。因此，在長时間內保証衛星上有衛星机器設备进行工作所必需的正常温度狀态是一件原則性上新的相当复杂的任务。第一顆衛星必要温度狀态之所以能够保証，是因为衛星表面具有輻射和吸收太陽輻射的适当系数值，并且因为由衛星体內氮气的强制循环产生的衛星外壳和衛星內部設备之間的阻热性得到了調整。

衛星上裝有两个無綫电發射机不断發出訊号，頻率是二〇·〇〇五和四〇·〇〇二兆周（波長分别为15公尺和7.5公尺）。应当指出，在苏联制造的人造衛星上由于它的重量較大而能够裝置功率大的無綫电發射机。这就使得能够在很远的距离收到衛星的訊号，使全世界各个地方的广大無綫电爱好者能够观察到衛星。衛星运行的头几天的观察情況，証实了在几千公里的距离內普通的無綫电爱好者的接收机就能够有把握地收到衛星的訊号。在个别情況下，在1万公里的距离內可以收听到衛星的訊号。

衛星的無綫电訊号

無綫电發射机使用任何一种頻率都是以电报信号的形式發射訊号。一种頻率的訊号在另一种頻率訊号的休止时發射。每种頻率的訊号平均持續时間約为0.3秒。这些訊号用来观察衛星的軌道和解决一些科学課題。为記录衛星上發生

的各种过程，衛星上裝置了一些敏感机件，在衛星的某些参数（温度等）有所变化时，这种机件能改变訊号的頻率和訊号与休止之間持續时間的对比。接收衛星發射出的訊号时，对这些訊号进行記录，以便譯出加以分析。

应当考虑到，在一定时間之后，無綫电發射机就要停止發射訊号了。例如，流星碎塊击破了衛星的外壳或損坏了天綫都会使無綫电發射机停止工作。此外，衛星携帶的电能有限，發射机停止工作以后，將用光学方法和雷达来观察衛星。

观察衛星發射的無綫电波傳播情况有巨大的意义。截至目前为止，获得电离層的主要材料的方法是：研究由地球發射出去的、从位于电离層电离程度最大的部分以下的电离区域反射回来的無綫电波。現在，实际上还不知道电离層的上界的高度是多少。

由于人造衛星的發射，就有可能从以前無法进行長期观察的、在电离層中电离程度最大的部分以上的、也許整个电离層以上的部分，長期收到兩种不同頻率的無綫电信号。

測量所收到的信号級和不同頻率的無綫电波的折射角，就可以得到以前沒有研究过的电离層部分的無綫电波衰減的資料和关于这些部分的結構的若干資料。

人造地球衛星的科学測量計划是十分广泛的，包括大气上層物理学的很多部門和研究地球附近的宇宙空間。

这些問題包括：研究电离層的情况，它的化学組成，測量压力和密度，測量磁性，研究太陽粒子輻射的性質，宇宙綫的原始組成和变化，太陽光譜紫外綫和X綫部分，以及大气上層的靜电場和微粒。第一顆人造衛星已經可能对其中很多問題提供資料。

在研究宇宙綫方面，計划規定要获得关于各种核在原始宇宙輻射組成中的相对数量的材料。特别是要确定鋰、鈹和硼核的相对数量，以及电荷很大的核的相对数量。在这方面，可能得到用过去的研究方法得不到的材料。

衛星上裝置的仪器还可以研究整个宇宙綫流的变化。裝置在地球上的仪器研究宇宙綫是有困难的，因为地球表面上有很厚一層大气層。得到的材料可以搞清楚一晝夜、半晝夜和二十七晝夜的变化；并可以研究这种变化同太陽上的現象的关系。衛星能在整个地球上进行上述測定。

由于大气層吸收太陽的短波輻射，这种輻射到現在还沒有被研究过。衛星既然以極大的高度繞地球运行，那就可以在上面裝上我們的物理学家設計的仪器来研究太陽光譜紫外綫和X綫部分，能够查明輻射强度的变化。这一点很重要，因为根据現代的見解，太陽的短波輻射引起大气層上層的电离。因此，这些結果將使人进一步了解电离層的形成过程。太陽的短波輻射是由日冕引起的，因此据短波輻射的材料可以获得有关日冕結構的新結果。

除太陽的短波輻射外，太陽的微粒輻射对大气上層的种种变化起着巨大的作用。因此，解决微粒輻射的本質、輻射的强度、太陽产生的粒子的能譜等問題和查明太陽微粒輻射在形成極光中的作用，是很重要的。用新制造的仪器裝在人造衛星上就能解决这些問題。

衛星在大气电离層上飞行，使我們能够檢查根据这种或那种假設所作出的关于大气上層存在的环流的一系列結論。人造衛星还使我們能够研究地球磁場的迅速变化情况。

在高空（約1,000公里）研究靜电場和解决地球和大气層是否帶电系統的問題有很大意义。与通过观察無綫电波傳

輸的間接方法研究电离層的同时，衛星研究計划規定直接測量各种高度的离子濃度，而將来还要用質譜方法研究电离層的化学成分。如果关于高空沒有負离子这一現代概念是正确的話，那么这种試驗將提供关于电离層成分的完备資料。

这里不准备談国际地球物理年期間現在和將来用衛星进行的全部科学观察，但我們还要提一下研究大气上層流星体的問題。計划要获得从宇宙空間落到大气中的微粒的質量和速度的光譜。

人造衛星是征服宇宙空間的第一步。为了达到实現載人作宇宙飞行的理想，必須研究宇宙飞行条件对生物机体的影响。首先应該用动物来进行这种研究。同發射过的高空火箭一样，苏联將發射有动物作为旅客的衛星，并且將对它們的动作和生理变化过程进行詳細的考察。

可以肯定地說，用人造地球衛星来实現預定的科学研究計划將在物理学、地球物理学和天体物理学許多問題方面起革命的作用。

随着人造地球衛星的發射成功，在科学和技术上已經完成了一次嶄新的質的飞躍，同时使我們对直到現在还不可能达到的宇宙空間能够运用直接方法进行科学測量，而且为將来的星际旅行开辟了广闊的道路。

談談几种人造地球衛星的設計

現在大家都知道的一些人造地球衛星的設計，可以分为下列几种类型：

第一种，是既不帶人，也不帶仪器的最簡單的人造衛星。严格說来，这种人造衛星只能叫做圍繞着地球飞行的基点或灯塔。

这种人造衛星能够在离地面 300 公里或更高的空中圍繞地球飞行。它存在的时間从一个星期到几个月不等。它的表面能够反射太陽光或地面裝置上發出的無綫电脉冲波。人們利用这种人造衛星，可以成功地达到精确測量地球表面各种距离的測地学的目的，測定很高的高空中的大气密度，研究地球的引力常数以及研究其他的科学項目，例如無綫电波傳播原理的研究和普遍相对論的驗証等。

这种人造衛星——灯塔，可以是外表貼着鋁箔的塑料袋。袋里充着气体。当火箭把它送到相当的軌道上以后，它才膨脹成适当的形狀。这种人造衛星的形狀和大小可以随意規定，并且也不必把它和运載它的火箭發动机分开。火箭發动机使它在發射的最后阶段在軌道上具有必要的圓速度。

这种人造衛星——灯塔的用聚乙烯薄膜制成的外壳厚度，約为 0.06—0.07 毫米，而壳上鋁箔的厚度只有 0.01—0.02 毫米。一个直徑为半公尺的这样的人造衛星外壳的重量，还不到 110 克。这种人造衛星和打气裝置的全部重量是 300—350 克，而其中 75% 的重量是袋中的气体。

这种人造衛星外壳上的鋁箔，將能促使它成为球形。同时，由于鋁有高度的反射性能，因此，鋁箔能够保护外壳不受紫外綫和其他射綫的損害，很好地反射地面站發出的無綫电脉冲波，并且能够保証这种人造衛星具有必需的能見度。

这种人造衛星还有一个名称，叫"次人造衛星"。因为当它們获得了沿圓周飞行所必需的速度在軌道上飞行的时候，它們不过是和主要人造衛星一道在高空中飞行的几个点。

第二种，是只裝有自动的控制和測量仪器以及能够向地面播送各种仪器上的記录的無綫电設备的人造衛星設計。这种类型的人造衛星除了能够完成前面所說的人造衛星——灯

塔的任务外，还能够独立完成一系列的測量工作，如太陽輻射的光譜和强度、宇宙綫、地磁、流星塵等。

还有一种空間方位固定的衞星，衞星上裝备的特殊的裝置能够使它对地球或太陽的相对位置始終不变。在这种固定的衞星上，可以利用太陽光不断照射在热电偶上而产生的电流来給蓄电池充电。

沿着这种固定的人造衞星中的空間方位固定的自轉軸，可以裝上一根鋁管，这根鋁管的頂端可以当天綫用，而它的內部又可以裝各种仪器，如丙种射綫計数器以及記录宇宙綫和粒子的仪器，这种宇宙綫和粒子是产生極光的根源。

这种人造衞星外壳的一个小窗戶，是用特别精制的玻璃制成的，它可以只容許太陽的紫外綫通过；另一个窗戶，是用鈹玻璃制成的，它只容許太陽的 X 綫通过❶。

这些計数器和仪器得到的材料，將累积起来，記录在磁帶的小鼓上。

在規定的时刻，自动地或是根据地面發来的訊号，这些磁帶上的記录將通过無綫电發向地面上的記录站。根据这种人造衞星設計者的意見，它能够在約 300 公里的高空中存在約 12 天。在这个时間內，它將圍繞地球运轉 200 圈左右。它在高空受到仅为地面空气动力阻力的千万分之几的、最微不足道的介質阻力，逐漸降低它的高度，开始进入較稠密的大气層。这样，它飞行的速度逐漸降低。它將猛烈下降，最后在大气中燒毀。

这种人造衞星的形狀將是球形，直徑从 50 厘米到 75 厘米，重約 10 公斤。它將裝着一部無綫电發射机，在很多星

---

❶ 这种窗子又叫做濾波器。——譯本出版者

期的期間內，以10毫瓦的电力和大約 100 兆赫的頻率發出电波。这种电波將使地面上的观測人員可以經常观測到它循着軌道飞行的行踪。

为了使衞星上發出的測量数据能够为地面上的接收站收到，每隔一个相当的时期，發射机的电力將提高一次。

發射机的电力可以从化学电池得来。但是，最好的电源，是把太陽能直接轉变为电能的硅光电管。一个 1 公斤重的这样的电池，当有效系数約为 12% 的情况下，可以产生 37.5 瓦的电力。

为了要得到一个概念：在一种这样的人造衞星里裝些什么样的仪器，我們在下面列出一个可能的清單，开列各种仪器的重量和它們所需要的电力：

兩具盖格計数器——	0.36 公斤，	需电力 2.75 瓦；
一具电阻式溫度計—	0.11 公斤，	需电力 1.53 瓦；
一具光电管————	0.16 公斤，	需电力 0.82 瓦；
兩具發射机————	0.68 公斤，	需电力 0.48 瓦；
一具开关电动机——	0.45 公斤，	需电力 0.36 瓦；
一具調节器————	0.45 公斤，	需电力 0.06 瓦；
一具儲存裝置———	0.73 公斤，	需电力 0.31 瓦；
一具接收机————	0.16 公斤，	需电力 2.85 瓦；
一具功率变換机——	1.13 公斤，	需电力 2.85 瓦。

全部仪器的总重量是 4.23 公斤，它們所需要的电力約为 11 瓦。

在美国的各种設計中，經艾森豪威尔总統批准的一种是“先鋒”設計。美国將按这种設計制造許多个衞星并在国际地球物理年期間發射。根据这个設計，人造衞星將由一个三級組合火箭發射到軌道上去。整个三級火箭的总長度达 22 公尺。由于这三級火箭是用一种套接办法連結起来的，因此，

这个火箭的总長度要比它的三个組合部分的总長度短一些。由于这种套接，当下面一級火箭的燃料用完以后，它就以同尙須繼續前进的一部分火箭和共同重心相对的某个負速度被抛向后面，这对于尙須繼續前进的一部分火箭能产生某种补充冲力。火箭的最大直徑是 1.14 公尺。

这种火箭的携帶人造衞星的最小一級火箭的初重（即燃料未用完以前的重量——譯者）是 230 公斤。这一級的燃料是固体燃料，它可以保証使人造衞星最后达到每秒 7,630 公尺的速度。在这样的速度下，人造衞星將在約 480 公里的高空圍繞地球飞行。当这一級火箭的發动机停止工作的时候，火箭的外壳將脫离球形的人造衞星。但是，因为火箭本身也已获得人造地球衞星所必需的軌道速度，因此，它也將留在它自己的运行軌道上，在不远的地方伴随着衞星。

运送人造衞星进入軌道的主要工具是兩个巨大的火箭。它們都是用的液体燃料。它們是“先鋒”三級組合火箭中的另外先后分別开动的兩級。

最大一級火箭的發动机將采用液态氧以及酒精、汽油和硅油的混合物。这种燃料是用渦輪泵輸送到燃料室里去的。第二級火箭的發动机采用的是硝酸和偏二甲基肼（Несимметричный Диметилгидразин）。这种燃料是利用压縮氦来輸送到發动机的燃燒室里去的。

这种組合火箭的特点，是三級火箭中每一級都沒有稳定器和舵。那兩級較大的帶有液体燃料火箭發动机的火箭，在飞行中是以發动机在正負 5 度之間的傾斜来稳定的。而用固体燃料来發动的、最小的（第一級）一級火箭，是用它的自轉来稳定的。

圍繞火箭的縱向軸的稳定（即火箭的傾斜），是依靠液

体燃料火箭發动机（稳定室）的輕微的相切位置来实現的。

帶着衞星的三級火箭的發射情況，可以概述如下：火箭將从地面垂直上升到1.5—2公里处，然后，它飞行的軌道便逐漸在垂直平面內傾斜。当火箭起飞約兩分鐘以后，已开动的第一級火箭（即最大的一級火箭）的發动机即停止工作。这时，火箭已經到达距出發点約60公里的空中。它的速度約达每秒1,300—1,800公尺。火箭同地面成45度的傾斜角。当最大的一級火箭的發动机一停止工作，并且脫落的时候，第二級（中間一級）火箭的發动机立即开始工作，使火箭的速度达到每秒4,900公尺。当第二級火箭的發动机停止工作的时候，火箭已經到达离地面210公里的空中，它和地面的傾斜角度大大地减小了。以后，火箭將憑慣性繼續前进，到达离地面480公里的高空。在那里，它飞行軌道的切綫开始和地面平行了。这时，火箭已經远离出發点約1,125公里。一直到这个时候，最小一級火箭的固体燃料發动机才开始工作，使人造衞星的速度达到每秒7,630公尺。

那时，火箭离地面的高度將达320—640公里，它离出發点的距离达2,400公里。从火箭發射起到这个阶段，只有10分鐘的时間（見圖7）。

如果在控制火箭方面發生了可能的不大的錯誤，便会使衞星的圓形軌道产生一些变形。在这种情况下，人造衞星的軌道將成为橢圓形。如果火箭飞行方向發生1度的誤差，便会使它的近地点或远地点發生約120公里的变化。如果在火箭的最后速度上發生每秒30公尺的誤差，便会使橢圓形軌道的兩个相距最远的点的距离發生110公里的变化。

下面所要說到的，是适宜于居住的，即載人的人造地球衞星的类型。虽然这种类型的衞星的設計很早以前就出現了，

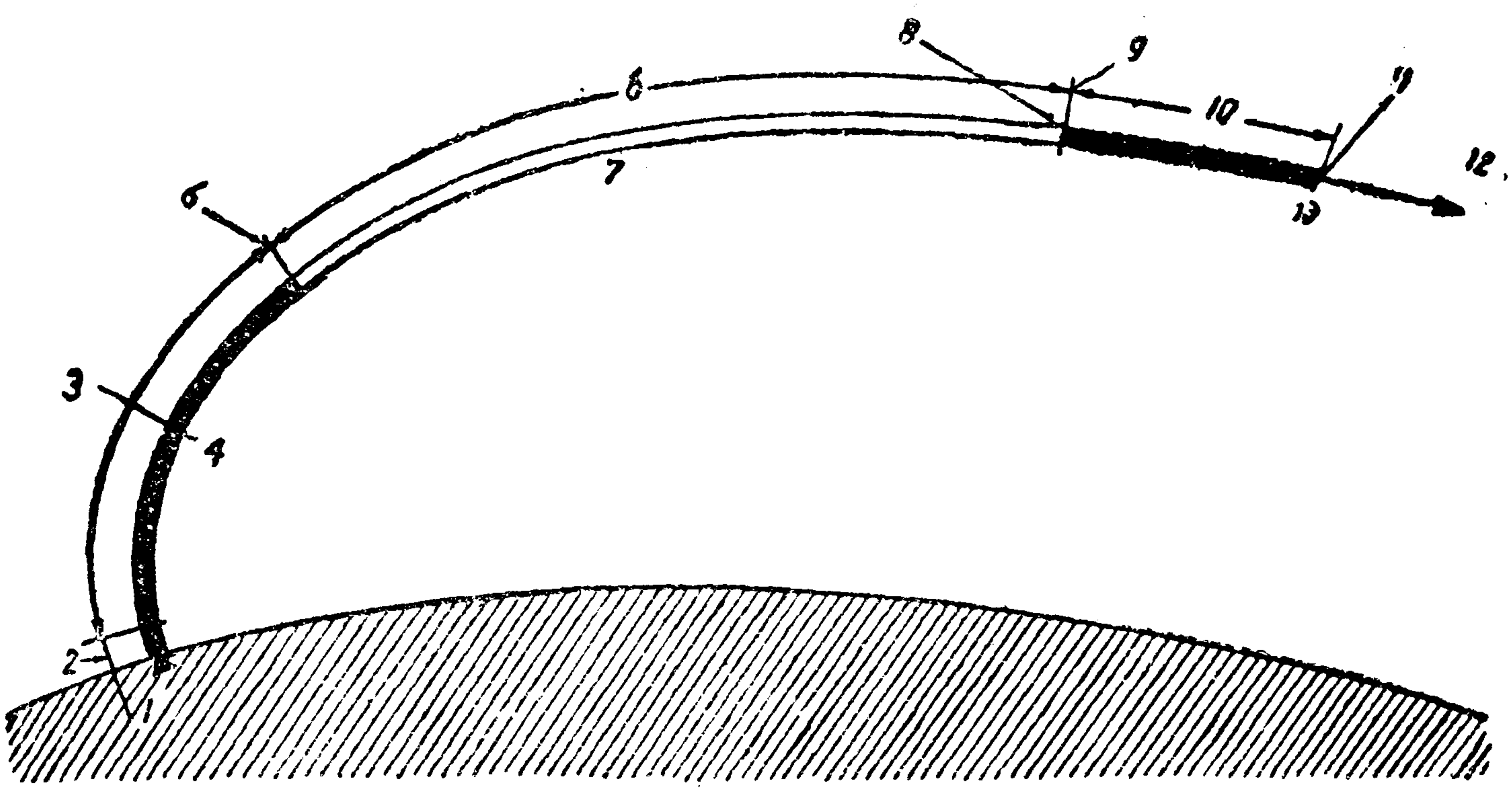


圖 7 "先鋒計划"里运載衞星的三級火箭發射軌道示意圖

1－發射点；2—垂直飞行段；3—上升力为零时的飞行軌道；4—第三級火箭的發动机停止工作，这級火箭脫落；5—第二級火箭的發动机停止工作；6—被控制的最好的軌道；7—利用慣性飞行阶段；8—第一級火箭开动和第二級火箭脫落；9—第一級火箭的發动机开始工作；10—由自轉来稳定的飞行阶段；11—第一級火箭的發动机停止工作，这級火箭脫离衞星；12—衞星的軌道；13—速度为每秒7,630公尺，高度为320—640公里；距离發射点2,400公里，从發射起到这阶段共化10分鐘时間

可是，它們的实現却还是比較遙远的远景。制造和發射載人的人造衞星有巨大的困难。

不过，某些專家認为制造載人的人造衞星，是实現星际飞行的必要步驟。在最近几年中举行的好些国家的星际和火箭协会参加的一系列会議上，曾經提出过許多种不同的載人的人造衞星和与这些人造衞星有关的火箭的設計。

其中許多設計草案在許多报刊上發表过。例如阿·阿·斯特恩菲尔德發表过一种这类人造衞星的概略設計(見圖8)。

按照斯特恩菲尔德的設計，人造衞星，即宇宙飞船应該首先在地面上造好，并进行試驗。然后，再把它拆开，一部分一部分地發射到事先选定的軌道上。在那里，必須重新把

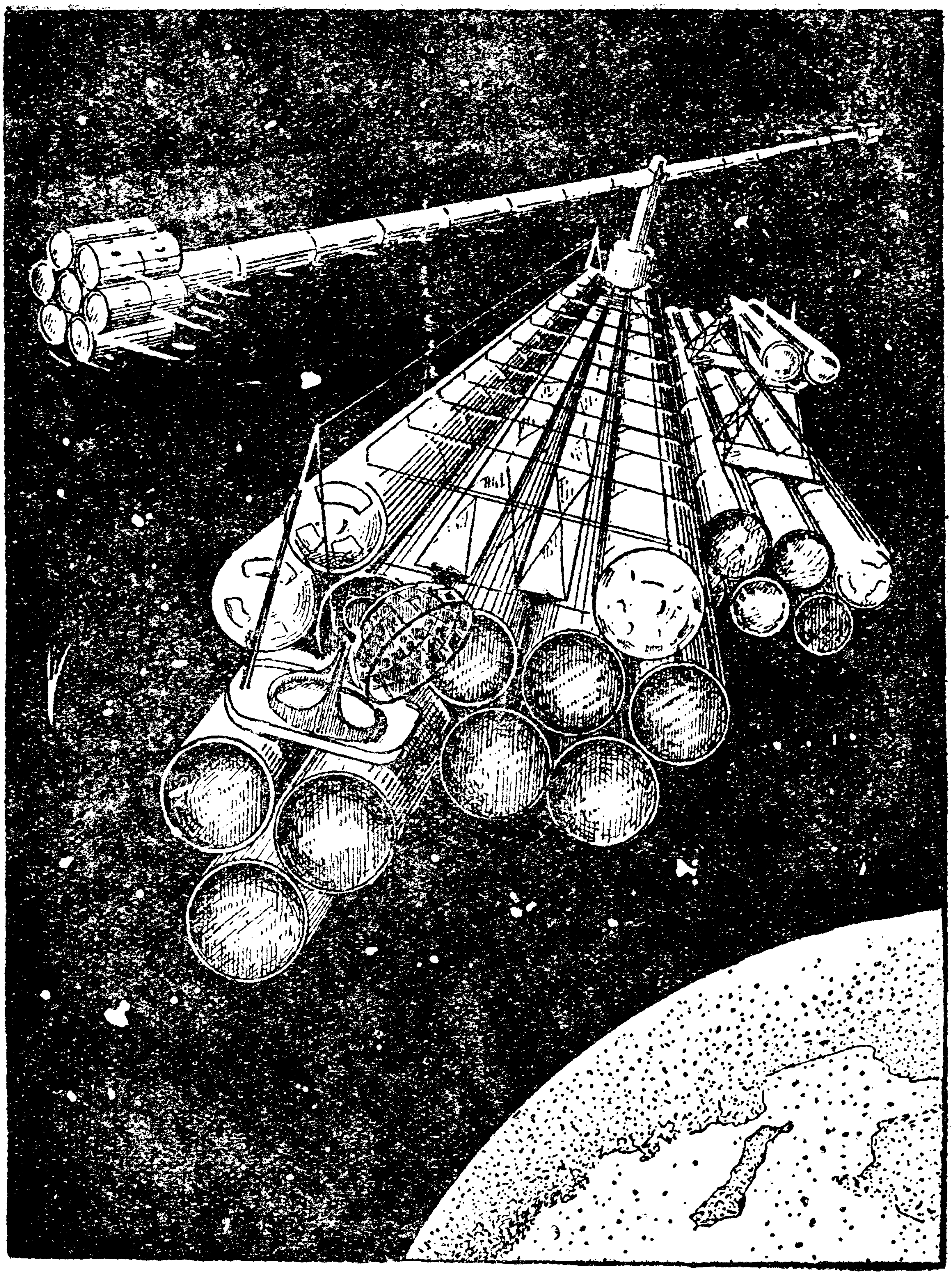
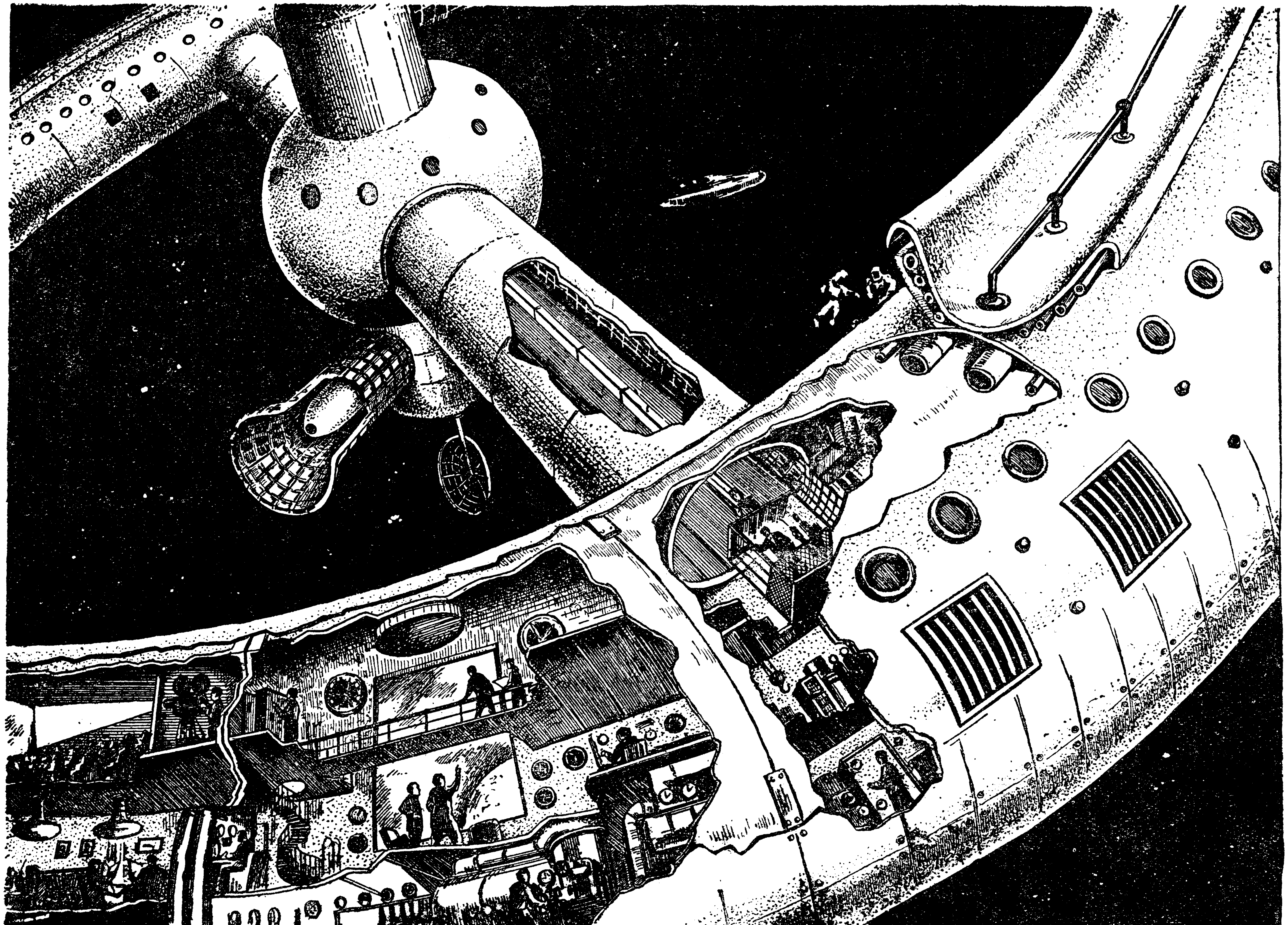


圖 8 阿•阿•斯特恩菲尔德設計的載人的人造衛星



布劳恩設計的人造衞星断面圖

它們裝配成一个整体。

这类人造衛星的建造，按照設計，应該从發射三級或四級火箭开始。

我們不妨来設想一下，这种火箭的最后一級一枚接着一枚地飞向天空，都成了人造地球衛星，然后，再把这些火箭連接成一个整体。艙房和燃料已經用尽的燃料箱，早在地面上就适当裝备好了，它們可以用来作为住房、实驗室和工場等。在一切房間中，都要制造人工大气，为了不讓空气漏出去，一切建筑物都是密封的。

这个人造衛星站一步一步地用地面上發射上来的專門設备裝备起来，人們把停靠到这里来的这些火箭上的燃气輪机、各种仪器、用剩的燃料和氧化剂卸下来，以供人造衛星站上应用。

在这种衛星上还可能利用它的自轉部分的裝置来制造人工重力。

在斯特恩菲尔德的这个設計中，建議利用已經进入衛星軌道的最后一級火箭的已經用空的燃料箱，来作为建造人造地球衛星的基本部分。他認为，所有这些空燃料箱应当連結起来，里面可以住人，容納从地球上送来的貨物、設备和粮食。

以布劳恩为首的一批工作人員，設計了另一种能够飞进地球衛星軌道并且能够返回地球的火箭。这个設計是在1953年發表的。根据这个設計，三級火箭的总長度应該达到80公尺左右，火箭体最大的直徑达20公尺，重量約达7,000吨。火箭中燃料（肼、硝酸、过氧化氫）的总重量达6,150吨，即占火箭全部初重的88%。一个这样的火箭可以把31吨到36.5吨的有效載重送到衛星軌道上。火箭翼的升力面是368平方公尺，翼展达47.6公尺。

各級火箭的基本数据如表1所示；火箭裝配起来后的整个剖面圖如圖9所示。

表 1　布劳恩設計的三級火箭的基本数据

特　　性	單　　位	第三級❶	第二級	第一級
初重	(噸)	7,000	990	143
末重	(噸)	1,750	220	78.5
齐奧尔科夫斯基数		4	4.5	1.82
燃料重	(噸)	5,250	770	91.3❷
結構重	(噸)	760	77	24.2
發动机的推力	(噸)	14,000	1,750	220
發动机工作时間	(秒)	84	124	84
有效排气速度	(公尺/秒)	2,255	2,805	2,805

❶ 根据維特累格特的办法（在附录中將詳細介紹），各級火箭的次序是自上而下計算的。第一級是指直接同有效載重相連結的那一級火箭；第三級指最下即最大的那一級火箭。

❷ 这个数字除了包括这級火箭在其前进的最后84秒中所用去的燃料外，还包括使火箭从橢圓形的远地点轉上圓形軌道时所需要的12.1噸燃料，和降落时从圓形軌道轉入橢圓形軌道时所需要的5.7噸燃料。此外，很明显，还包括31噸救急用的儲备燃料，这些燃料可以作为有用的材料留在衞星上。

选定的衞星軌道方位是这样的：軌道的北部經过北極圈上空，南部經过南極圈上空。这样，地球上任何地方在一晝夜之間从火箭上至少都能看到一次。

最小的一級火箭上裝着机翼，使它能回到地球上，在地面上降落。

估計这种火箭將用下列方法發射（見圖10）。火箭將垂直發射出去。在头84秒鐘內，最大一級火箭中一切發动机全都在工作着，它們的推力总計达14,000噸。84秒鐘以后，

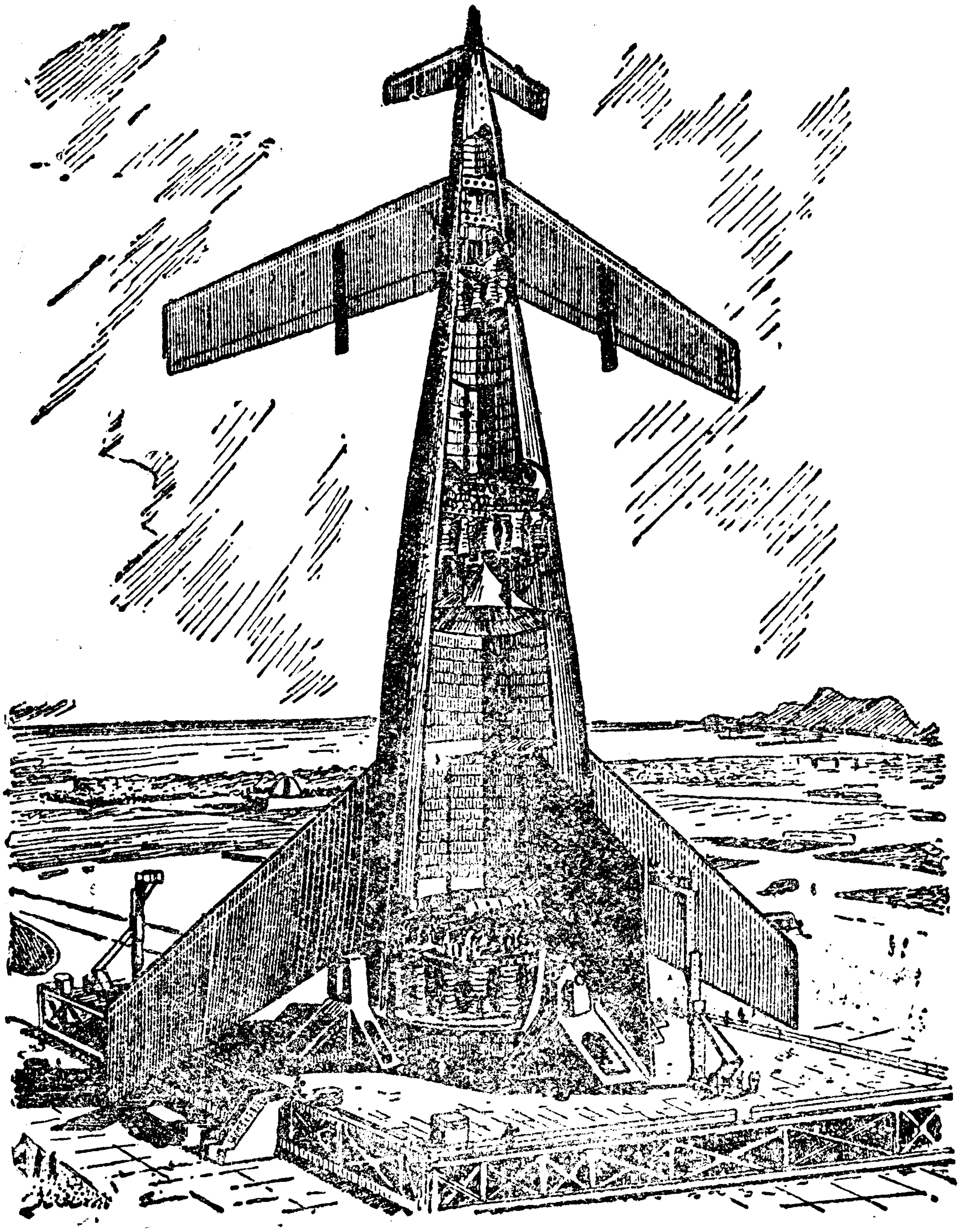


圖 9　布勞恩設計的三級火箭总貌

它已經裝配起来，放在發射場上。

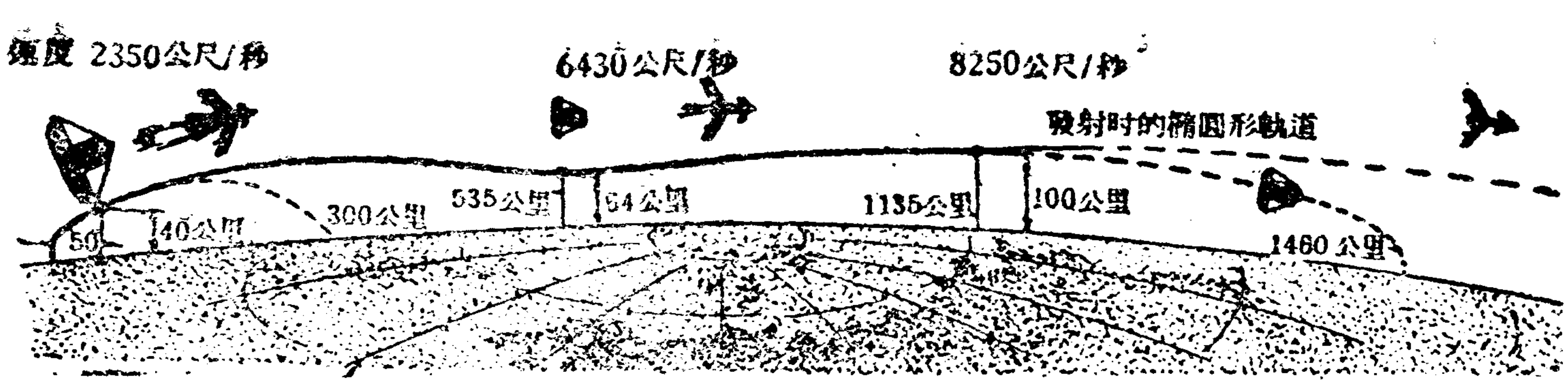


圖 10　布劳恩設計的火箭發射軌道示意圖

火箭达到了 40 公里的高空，火箭也逐漸从垂直飞行轉成傾斜飞行，飞到距發射点的水平距离达 50 公里的位置。这时火箭的速度已达每秒 2,350 公尺。这一級火箭的燃料箱中的燃料已全部耗尽。它即和發动机一道脫离第二級（中間的一級）火箭，張开降落傘，下降到地面上来。这时，火箭重心运动軌道的切綫和地平綫的傾斜角度將达 20.5 度。从这里开始，第二級火箭开始工作，經过了約 2 分鐘，火箭的速度每秒又增加了 4,075 公尺。这样，火箭的总速度达到每秒 6,430公尺，第二級火箭的燃料耗尽后，在距离地面 64 公里的高空，也同基本火箭脫离，降到地面。这时，火箭距离發射点的水平距离是 535 公里，火箭軸的傾斜角度是 2.5 度。

最后，最上面的一級火箭即开始工作。經过了 84 秒鐘，火箭的速度已达每秒 8,250 公尺，并且已經到达 100 公里的高空。由于火箭在这样的高度圍繞地球沿圓形軌道运轉只需要每秒 7,850 公尺的速度，因此，在大于地心吸力的离心力的作用下，火箭仍將繼續上升，它运行的軌道也將变成橢圓形。这个橢圓形軌道的远地点，將高出海平面 1,730 公里，而在那里，它的速度將減到每秒 6,600 公尺。

为了要把人造衛星保持在那个高度，并且保証它的飞行軌道成圓形，必須使它的速度至少能达到每秒 7,020 公尺。

不足的速度將由火箭的發动机来补足。当火箭到达1,730

公里的高度的时候，它的發动机又开动起来，在15.4秒鐘的时間內，使推力达到200吨。由于这一推力的結果，火箭的飞行速度增加了每秒420公尺，而它的飞行軌道从橢圓形恢复到圓形。这时，它繞地球一周需2小时。火箭从地面上發射起一直到在1,730公里的高空沿圓形軌道繞地球轉为止，約需一个小时的时間。

在衞星軌道上的火箭把貨卸完后，火箭上的發动机即發出負(阻剎)冲力，这样，沿圓形軌道飞行的火箭的飞行速度即降低約480公尺/秒，而火箭即从圓形軌道轉入降陆的橢圓形軌道，这个橢圓形軌道的近地点只离地面80公里。

在这里，大气層將进一步地大大阻碍火箭的飞行。同时，伴随而来的是火箭体鋼制外壳的高度發热(热到暗紅的程度)。它在地面上着陆的速度只有每秒29公尺，即每小时105公里。火箭在着陆的时候，它承載面积上的負荷只有每平方公尺80公斤。

上面所說的布劳恩設計的火箭，是專为把人、各种物資、人造衞星的部件、各种設备、粮食和呼吸用的空气运送到衞星軌道上用的。

布劳恩設計的人造衞星，是一座巨大的輪形三層建筑物，它的直徑达80公尺。建筑物中隔成一間一間的艙房。(見占44、45頁的那張大圖）为了要使人造衞星中的东西具有感覚得出来的重量，因此，將开动火箭發动机，使人造衞星圍繞着它的中心軸，以每22秒1圈的速度自轉。这样，便能产生一种人工加速度，使人造衞星中的人們能够在地板上行走，在同地面相类似的条件下生活。

衞星的中空的內部，隔成一間一間的小艙房，每間房間里都充滿着一种气体混合物。这种气体混合物中包含足够人

們呼吸用的氧气以及氦气（代替氮气）。根据在地面的專門房間中进行試驗的結果表明，在人呼吸的气体中，如果氧和二氧化碳的分压与地面上空气中的氧和二氧化碳一样，而用氦气来代替氮气，他可以感覚得很舒服。氦气要比氮气輕得多。在同样的能量消耗下，送上人造衞星的氦气量，可以比送上去的氮气量多得多。

裝配衞星的人員將穿着特殊的服裝，以便在沒有空气的空間进行工作。他們还將帶着微小的噴气發动机，使他們在不能用繩索系在人造衞星上进行工作的时候，可以在宇宙空間任意移动。从外面进入人造衞星中的房間的时候，將通过專門的"空气閘門"系統，以保証压力的逐步改变。

如果有个别的小流星体击破人造衞星的外壳，那么，通向这个艙房的門將自动关閉，而失掉的压力可以用仪器記录下来，并且很快得到了补充（在損害不大的情况下）。

估計衞星將用以尼龙为基本材料的夾玻璃布膠板制造。在衞星上应建立空气調节系統。人們在人造衞星上所需要的氧气、食品和水將从地面上用火箭船送去。

人造衞星站上的溫度的变化，可以用"散热百叶窗"吸收太陽的热量和把它向空間輻射出去来調节。而人造衞星上的电能，可以由太陽光反射器、汽鍋和渦輪發电机組成的發电設备得来。这种在沒有空气的空間工作的發电設备，效率要比在大气中工作的同类發电設备大得多。

人造衞星上的人員数將达200人到300人。人造衞星全重达400吨左右，預計火箭船飞进运行軌道12次到14次即可建成。設計人布劳恩認为，这样的人造衞星在10年內可以建成，所需費用不会超过40亿美元。

德国工程师克·阿·埃里克建造載人的人造地球衞星方

面最詳細的理論研究著作。埃里克現在美国"康佛"公司控制火箭研究部作領导工作。他的工作的一部分是設計人造衞星同地球交通用的載貨和載客火箭。这兩种火箭都是三級火箭。載貨火箭沒有机翼和稳定器，因为并不要它回到地面上来。載客火箭具有联合結構。它的最終一級裝有机翼和稳定器。这一級火箭裝在第二級火箭上面，像一架超音速飞机。

工程师埃里克把宇宙飞行和分阶段的科学研究工作計划联系起来，对宇宙飞行的技术問題作了有趣的分析。他还在对分級火箭的構造分类。

就在最近，在美国报刊上發表了关于建造巨大的載人的人造衞星的初步意圖，这种人造衞星事实上就是宇宙中間站。在这种人造衞星上，可以容納兩万人、一些宇宙飞船庫房、一些裝配和修理工場等。德·罗密克在設計这种衞星站的时候，采用了下列的基本原理：

1.当第一批火箭船进入軌道后，人造衞星站立即以它的原始形狀开始工作。

2.人造衞星站在它本身扩大的过程中，必須不断地工作。

3.必須規定逐步扩大人造衞星站和扩大它的作用的可能性。

4.必須最大限度地利用运送到軌道上的物資，包括火箭船本身的結構部件。

5.必須保証迅速地裝配衞星的可能性。

6.在建造人造衞星的每个阶段，十分重要的設备必須圍起来而且备有双份，以保証安全。

衞星的形狀將是一个圓柱形，在圓柱的底端是一个半圓球形。在另一端將裝着一个巨大的旋轉輪。由于輪的旋轉而产生的离心力，在人造衞星中造成了人造重力(見圖11)。

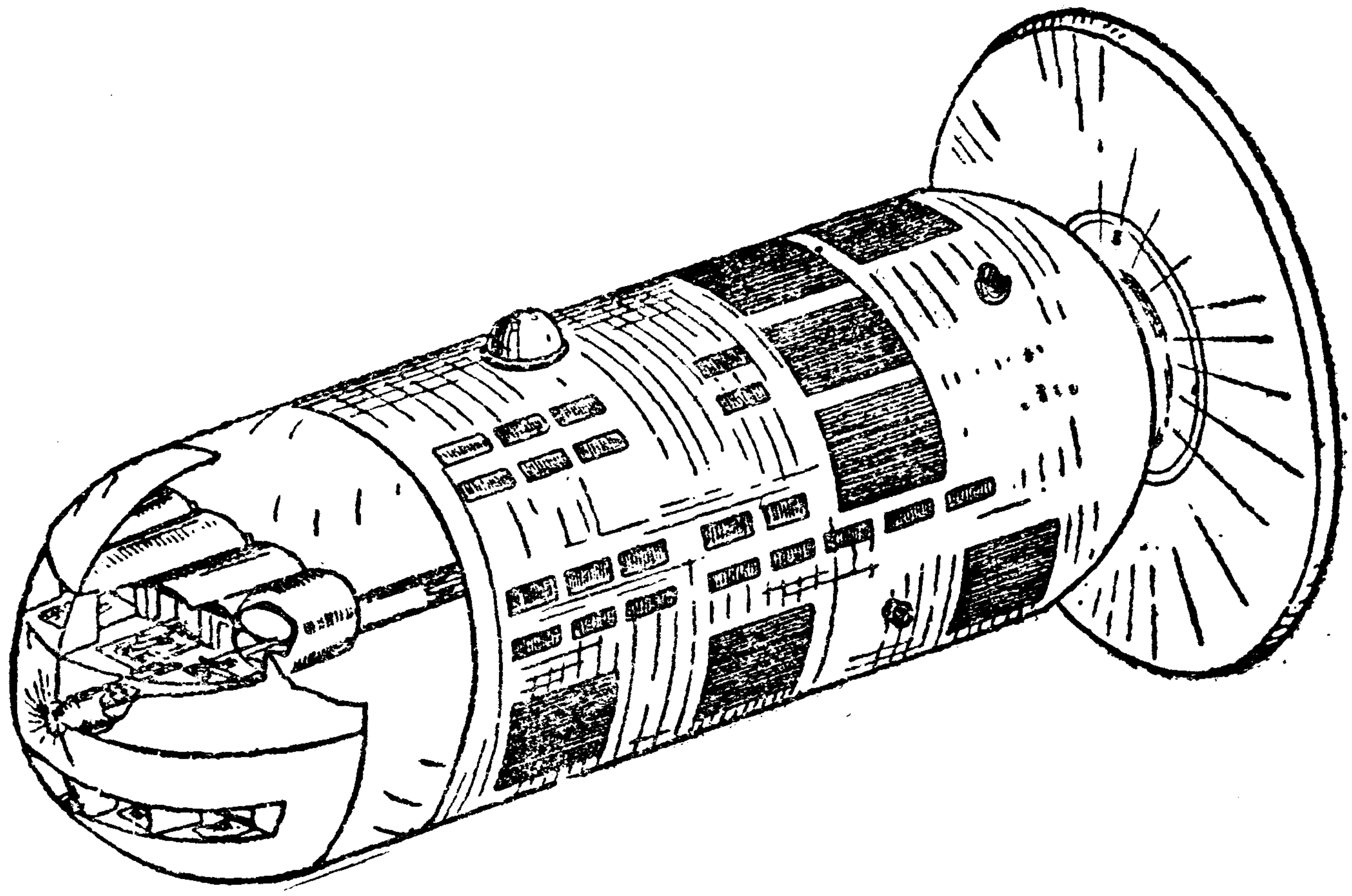


圖 11　美国德·罗密克設計的衞星站总貌

裝配这样的人造衞星，可以大致分三个阶段：

第一裝配阶段　首先建造沿着人造衞星的軸心的、处在衞星站中心的圓柱部分。这个圓柱部分用一些运輸火箭的最后一級的火箭体头对头或尾对尾地連接起来制成(見圖 12)。火箭的結構將容許以最少的生产过程便可以連接在一起。在这样的情况下，当从地面上發射的、第一批帶有可以調节温度的密封居住室的火箭船进入运行軌道后，人造衞星站立即就能够开始工作。

当随后的一些火箭进入衞星軌道时，它們的燃料箱的剩余燃料將被清除，箱內將被清洗和徹底打扫干淨以后，就可以用来作为住人的房間。房間里將由火箭的空气調节系統供給空气。人們可以通过空气閘室从外面进入燃料箱內。各火箭体逐漸地被連接成为直徑 2.7 公尺、長达 150 公尺的密封長管。这样，在衞星內部將由有各个帶有独立的空气調节系統的房間組成，各空气調节系統通过空气閘門来溝通。人們

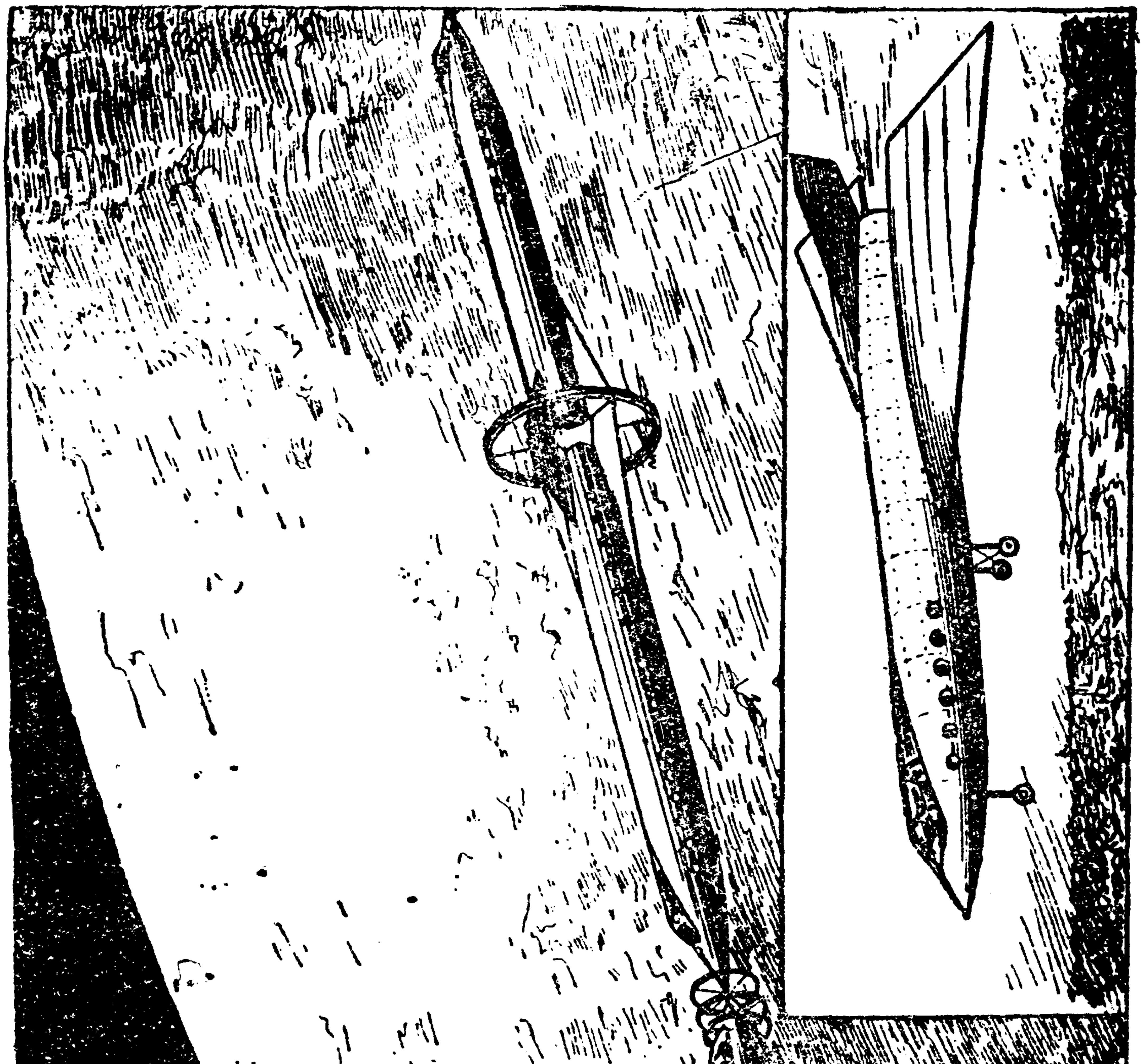


圖 12 德·罗密克設計的人造衛星站的裝配順序示意圖

可以在各房間內生活和工作。在人造衛星站旁边，应該永远准备着沒有拆卸的火箭船，以备發生事故时可以載人回到地面上来。

第二装配阶段 随着以后从地面上發射进运行軌道的裝載着零件的火箭船的到来，人造衛星站將逐步扩大。圍繞着管道，开始裝配直徑巨大的圓柱体的裝配骨架和外壳。外面裝上防备流星塵襲击的保护層。衛星的內部將分隔成一些艙房，并且在密封工作完成后即开始使用。

同时开始裝置旋轉輪的工作。这个旋轉輪是用来制造使衛星上的人們和植物获得正常生活条件所必需的引力效应的。原始管道的最后的一部分將用作旋轉輪的軸。管道外緣將裝上軸承。軸承上再裝上套垫，然后，再逐步裝上环形的旋轉輪結構。旋轉輪的外面也裝了防备流星塵襲击的保护層。旋轉輪的厚度是 12 公尺，直徑是 160 公尺。在这个裝配阶段中，固定部分的直徑是 236 公尺，長度將近 300 公尺，容积超过 1,130,000 立方公尺。人造衛星的固定部分的材料將重 250 吨，而旋轉輪將重 750 吨。为了把設备、人員、貨物等运給人造衛星，需要使运輸火箭飞行 65 次到 70 次。預計旋轉輪的住人部分的容积要达到 110,000 立方公尺左右。

建造的最后阶段 在建造人造衛星站的最后阶段中，用类似办法把人造衛星站再次扩大到下列最后的尺寸大小：固定部分的直徑为 300 公尺，長度 900 公尺，旋轉輪的直徑 450 公尺。由于有了这样的旋轉輪，当它以很小的速度旋轉的时候，在人造衛星的周边上就可以得到必需的加速度。

人造衛星站最后应該成为具有 8,500 万立方公尺容积的巨大建筑物。在这个建筑物里可以进行科学研究，并且可以在建筑物里进行裝配、修理和試驗宇宙飞船。人造衛星站可

以成为星际交通的中間基地，并且还將有其他許多事先难以預測的用途。根据設計人的意見，建造这样一个人造衛星站，將需要約三年半的时間。經营这样一个人造衛星站的費用，約等于維持三团战略轟炸机部队的費用。运送給人造衛星站的每吨貨物的运費为兩万美元，而人到人造衛星站上来回一次的費用为5万美元。

結　論

苏联人造衛星正以前所未見的速度圍繞地球运行。但是，关于衛星的消息却比这还要迅速地傳遍了世界各地。現在，所有理智的人們都欽佩俄国人的智慧，并且对苏联人民在科学和技术方面所建树的功勛，給予了应得的評价。

如今全世界都在談論着苏联的人造地球衛星。地球上最偏远的地方也都听到了衛星所發出的訊号。在無綫电广播和电視节目里，在报紙上，滿是关于衛星运行的消息和科学家、政界人物及社会人士就衛星所發表的談話。

全世界人民現在都相信，在苏維埃政权成立以来的40年間，我国已經变成了一个强大而先进的工業国家。40年在历史上并不是一个很長的时間，但是，就在这样一个时間里，一个落后的俄国，由于在共产党領导下的千百万劳动人民的劳动和努力，变成了一个具有先进的科学和技术的国家。

偉大十月社会主义革命，消灭了人剝削人的制度。社会主义創造了条件，使人們的个性能得到自由和协調的發展，社会主义使人們活动的任何方面，科学、技术、生产和文化等方面一切进步的新事物都得到發掘和支持。

由于共产党和苏維埃政府的关怀，我国培养出了大批的科学家、工程师和高度熟練的工人，他們現在可以解决一切

技术問題。党对科学一向表現了父亲般的关怀，不断地提拔科学界的天才人物，而且帮助他們进行創造性的研究。我国实現了最好形式的高等技术教育。

英国教育大臣乔·劳埃德在談到苏联科学和技术如此迅速进展的原因时說道："苏联人造地球衞星向全世界發出了一个非常簡單而有力的訊号：我是苏联技术的产品，我是苏联教育的結果。"

苏联人造地球衞星發射成功这一事实，不仅标志着苏联科学界的一个巨大胜利，而且也标志着"俄国落后"的神話的毀灭，标志着几十年来一直叫喊美国的科学和技术优越的、大洋彼岸人士的破产。現在，在事实面前他們不得不承認苏联的無可爭辯的优势。

美国的"美国人报"抱怨說"我們曾經認为，美国科学家是全世界最先进的，俄国人打破了我們这种自我欣賞的自信。"

土耳其的"东方日报"也說："現在可以肯定地說，苏联科学家已經超过了美国和其他西方国家的科学家。"

美国合众社不久以前說："1957年10月4日的清晨对整个西方世界是一个具有历史意义的时刻。对俄国科学成就的任何难堪的疑惑、怀疑論或者是藐視，一刹那間都烟消云散了。苏联科学家表明，他們能够做，并且也做出了西方世界最偉大的天才至今尚未能做到的事——把人造的地球衞星發射到星际空間去。"

从宇宙中不断傳来的衞星的無綫电訊号，使資产阶級报刊不得不承認，苏联在把衞星發射到星际空間的世界性比賽中获得了胜利。

一些資产阶級报刊对塔斯社公报的評論是，苏联科学家完成了科学上的一次革命。

“紐約时报”对这件事作了很高的評价，它說：“現在已經很清楚，1957 年 10 月 4 日將作为人类取得最偉大成就之一的一天而永垂史册……。全人类都应当感謝苏联科学家和技术專家。”

世界上許多科学家給自己的苏联同行們寄来了热情的祝賀。

英国天文学家格·約翰斯教授說：“俄国人造月亮是一項惊人的成就，是对国际地球物理年乃至整个科学事業做出的不可估价的貢献。”

罗馬尼亞的格·德梅特雷斯庫院士写道：“苏联科学家所制造的人造月亮，再次無可爭辯地証明，苏联的科学和技术具有高度的水平和無限的潜力。”

阿拉伯科学院院長哈利尔·馬达姆說：“苏联地球衞星制成的消息使我深为激动。我可以預見，这个事件是改变人类生活的一个新紀元的开端……。这个事件还証明，苏联科学家已經达到了世界上任何一个国家的科学家都沒能攀登上去的高度……。”

几十年来一直吹噓美国在科学和技术一切部門都有优势的美国宣傳家們，現在都銷声匿迹了。塔斯社关于發射人造衞星的公报对他們好像是一桶凉水。現在他們也被迫承認：“关于人造地球衞星的言論，百分之九十是美国人說的；关于人造地球衞星的事情，百分之百是俄国人做的。”

著名的导彈和光学物理学專家伊·馬尔茨談到这点的时候說：

“早在我們准备实际發射衞星以前很久，我們就听到了我国向全世界發出的喧囂的宣傳。假如一般說来苏联人也夸过口的話，苏联人事先夸得很少，而且，他們的确發射了比

我們預計發射的旣大且重的衞星。”

实际上，美国报刊長期以来利用各种方式来夸耀幷不存在的、美国在火箭技术方面的成就。它們把火箭当生物一样的命名，叫什么“誠实的約翰”、“丘辟特”、“雷神”、“阿特拉斯”；它們大肆吹嘘这些火箭的質量、飞行的距离，它們以食人生番的态度把这些火箭的毁灭力描繪得無微不至。

但是，这些火箭辜負了寄予它們的期望。多次試驗都得到了不光荣的結局。火箭要么就是不听指揮，飞到了不是人們指引它去的地方，要么就是升到一个不高的高度便爆炸了。

最近几年来所發生的事情証明，苏联的科学和技术拥有显然的优势。

“紐約时报”評論員哈里·施瓦茨的承認，在这方面显得最有代表性。他問：“苏联是如何达到这点的呢？苏联是用什么方法在时間和自己的成就的質量上远远地超过了美国的呢？”他对自己的答复是：“只有拥有头等科学技术人員的国家，只有在广泛的科学和技术部門（数学、物理学、化学和冶金学等，如果只举出最重要的部門的話）具有头等条件的国家，才能完成这样的功勛。”

是的，我們的成就应当归功于40年前，即1917年十月里所發生的事件。正是革命使我們的人民摆脫了資本主义剝削的枷鎖。社会主义为工人、农民和劳动知識分子的創造性活动，准备了一切条件。40年过去了，現在苏联人民正在享受摆脫資本主义奴役的果实，幷且，以自己的成就震撼整个世界。

在这欢呼声的洪流中，也掺杂着我們的敌人的惡言毒語。他們活像把头埋在沙里的鴕鳥一样，故意地“不看”这个社会主义国家在和平竞賽中所取得的極偉大的胜利。

美国国防部長导彈特別助理威·霍拉德在听到發射衞星的消息以后，惊得除了我至今还沒接到"証实"發射的材料一句話以外，别的任何話都說不出来。

美国海軍部科学研究部負責人貝奈特少將說，苏联的地球衞星"是几乎每一个人都能發射的鉄塊。"有趣的是究竟是什么妨碍了貝奈特这样做呢？

苏联洲际火箭發射成功的公报，使得許多喜欢夸口和声言要把我国从地球上擦掉的北大西洋的將軍們啞口無言。的确，他們当中也有一些人說塔斯社公报是"宣傳"，然而，現在誰也不再怀疑洲际多級彈道火箭是存在的。衞星發射成功就是一个証明。

現在一些資产阶級报紙搬来某些"法律根据"，声言禁止發射衞星。它們爭論苏联有無权利發射人造地球衞星。这些报紙叫喊要在星际空間实行私人所有制。

"紐約先驅論壇报"的科学問題編輯尤貝尔比这还要荒唐。他写道，苏联衞星飞越美国上空，这是破坏了国际法准則，他并且威胁地說："从理論上說，我們完全有权把它打下来……。"

但是，不管这些心怀敌意的人怎么說，衞星仍在繼續圍繞地球运轉。誰也不能使它停止不前，就像不能使人类停止进步一样。

苏联人造衞星的發射，証明社会主义制度比資本主义制度优越。全世界的进步力量把它当作一个重大事件来欢迎。苏联人民的这个光荣的胜利同这个社会主义国家的劳动人民在工業和农業方面所取得的其他成就，是对十月革命40周年的出色献礼。

衞星的存在这一事实，不仅具有科学意义，而且也具有

政治上的重大意义。它的神速的飞行，粉碎了苏联技术落后和軍事軟弱的胡說。

苏共中央第一書記尼·謝·赫魯曉夫在同美国“紐約时报”記者賴斯頓的談話中說：“我想，如果我对你說我們現在拥有各种必要的火箭：远程火箭、中程火箭和近程火箭，这不是什么泄露軍事秘密……当我們宣布試驗洲际火箭成功的时候，美国的某些国家領导人不相信我們的話，認为苏联把它所沒有的东西冒充是实际情况。而現在，我們已經順利地發射出人造地球衛星，只有技术上的盲人才会怀疑这件事。”

苏联人民在科学、技术和生产各部門取得的成就越大，我們的社会主义国家就越强大，美国原子狂人發动新战爭就越困难。我們在和平劳动战綫上的成就和我国的科学發現，正在摧毁資本主义的基础，加强全世界的和平事業，为所有爱好和平的人們帶来对于美好的未来的希望。

一个新的时代到来了，我們就是这个新时代誕生的見証人。在我們的面前已經敞开了通向未来的窗口，为新的大胆創造展开了广闊的远景。現在我們的思維能力还很难想像出这个極偉大的科学成就所能帶来的一切，但是，“莫斯科月亮”出現的头几天以及对它进行观察的結果，就能使我們获得关于已經开始被我們征服的那部分宇宙的精确知識。

附　　录

在衛星計算中运用的某些基本原理

要使人造衛星圍繞地球沿圓形軌道运轉而不落到地面上，必須要依据达朗伯原理，使衛星在規定軌道高度上的重力等于离心力。

以下符号表示的意义是：

m——衛星的質量；

$V_{кр}$——衛星沿着与軌道相切方向的环繞速度（圓周速度）；

r_0——地球的半徑；

r——衛星軌道的半徑；

g 和 g_0——分别表示在高度 $h=r-r_0$ 和在地面上的重力加速度，这样，把太陽和其他行星的引力、大气阻力和地球引力的非中心位置，略而不計，我們就可以把上述条件列成簡單的数学公式：

$$mg=\frac{mV_{кр}^2}{r}。$$

根据这个等式不难計算衛星在高度 h 的高空圍繞地球运轉所应具有的速度 $V_{кр}$：

$$V_{кр}=\sqrt{gr}。$$

把下列的量代入这个式子

$$g=g_0\left(\frac{r_0}{r}\right)^2$$

因为地球引力加速度随物体与地面距离的增大而减小，与物体同地球中心的距离的平方成反比，最后可以得出：

$$V_{кр}=\sqrt{g_0\frac{r_0^2}{r}}=(V_{кр})_0\sqrt{\frac{r_0}{r}}$$

其中 $(V_{кр})_0$ 表示 $r=r_0$ 时的圓周速度，它等于 $\sqrt{g_0r_0}$ 在衛星圍繞地球沿橢圓形軌道运行的一般情况下，衛星在这个軌道上任何一点的速度可以用下述公式来計算：

$$V_{эл}=\sqrt{g_0\frac{r_0^2}{r}\left(2-\frac{r}{a}\right)}=V_{кр}\sqrt{2-\frac{r}{a}},$$

这里 a 是橢圓形的半長軸。

因此，衞星軌道离地面越高，它的环繞速度 $V_{кр}$ 也就应当越小。在地球表面，即 $r=r_0$，环繞速度有最大值。代入以下数值：

$g_0=9.81$公尺/秒^{2}和 $r_0=6.378\times10^6$公尺，

結果：

$$(V_{кр})_0=\sqrt{9.81\times6.378\times10^6}=7912\text{公尺/秒}$$❶

如果这时地球表面沒有空气，那么使某个物体具有7912公尺/秒的水平速度，这个物体就可以变成就在地球表面附近沿圓形軌道运轉的人造地球衞星。这个速度有时被称为“第一宇宙速度”。但是在現实条件下，地球表面的稠密大气層当然立即就会阻止这种衞星的运行，这个衞星必然会減低速度，墜落到地面上。

随着高度的增加，地球大气密度的降低是相当迅速的。例如，在50公里高空，大气密度仅为海平面大气密度值的千分之一，而在100公里高空則連一百万分之一也不到。

然而据有关的計算表明，甚至只是地面大气密度值的一百万分之一的大气密度也足以显著地阻碍在100公里高空的地球衞星的自由飞行。

如果設想有一个被做成球形的衞星，对全部質量除以中央横切面（中央横切面指軸对称物体的最大横切面）的面积，所得的断面密度为200公斤/公尺^2，那么在200公里高空它只能維持兩晝夜半左右，以后它的速度就將远小于圓形軌道所必需的速度，衞星开始落入比較稠密的大气層，在那里速度很快降低，向地面落下。

因此，可以認为，人造地球衞星的位置只有在高于200

---

❶ 如果考慮到地球是一个扁橢球体，和自轉对重力加速度的影响，那么繞赤道的环繞速度应該是 $\sqrt{9.79\times6.378\times10^6}=7906$公尺/秒。

公里的高空才是适宜的。

在100公里左右的高空显然只有具有很小的补充（推进的）力来平衡介質阻力的衞星才有可能存在。这样的具有不大的牽引力的衞星可以称为"衞星机"。

要發射人造地球衞星，不仅必須使它具有根据上列等式計算出来的环繞速度 $V_{\text{кр}}$，而且要耗費一些功使它从地面上升到規定高度 h。

这个举高的功 T_h 可以按照物体在地球表面的势能和这个物体在高度 h 的势能的差来計算。

在这种情况下（在重力場中）势能的大小就是物体在給定高度上的重量 mg 乘以它与地心的距离 r。

于是在地面，質量为 m 的物体的势能等于 mg_0r_0，而在高度 $h=r-r_0$ 时的地方，势能可用这样的等式来計算：

$$mgr=mg_0\frac{r_0^2}{r}。$$

这两个势能值的差为：

$$mg_0r_0-mg_0\frac{r_0^2}{r}=mg_0r_0\left(1-\frac{r_0}{r}\right)=T_h。$$

因此，要使質量为 m 的衞星从地面升高到高度 h 的位置，必須做出 T_h 这么多的功。

如果通过由下列等式所定义的某种速度 V_h 来表示功 T_h

$$T_h=\frac{mV_h^2}{2},$$

結果：

$$V_h^2=2g_0r_0\left(1-\frac{r_0}{r}\right)。$$

由此可見，把質量为 m 的衞星从地面送到高度 h 的位置，并使这个衞星在那里获得速度 $V_{\text{кр}}$，所要消耗的总能量 T_x

应当是下面的和：

$$T_h+\frac{mV_{\text{кр}}^2}{2}=\frac{mV_h^2}{2}+\frac{mV_{\text{кр}}^2}{2}=T_x。$$

如果这个总功 T_x，也通过和定义速度 $V_{\text{кр}}$ 和 V_h 相类似地，用某种特性速度 V_x 来表示：

$$T_x=\frac{mV_x^2}{2},$$

那么在把上述等式消去 $\frac{m}{2}$，并把速度 $V_{\text{кр}}$ 和 V_h 的值代入以后，結果就是：

$$V_x=\sqrt{V_h^2+V_{\text{кр}}^2}=\sqrt{2g_0r_0}\cdot\sqrt{1-\frac{r_0}{2r}},$$

或者，把常数 g_0 和 r_0 的数值代入第一个根式中，最后將成为：

$$V_x=11190\sqrt{1-\frac{r_0}{2r}}。$$ ❶

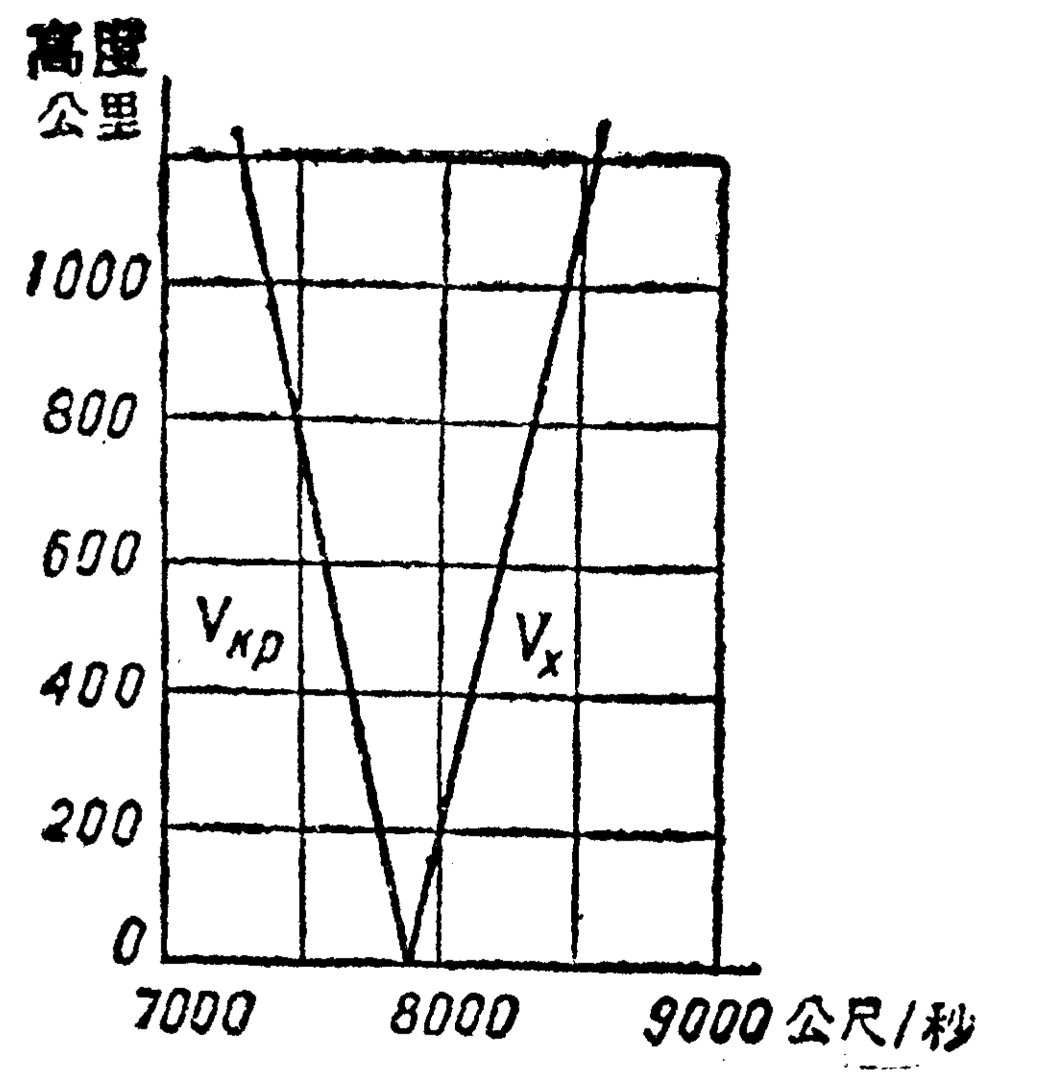


圖 13 地球衛星飞行时的环繞速度 $V_{\text{кр}}$ 及其特性速度 V_x 与圓形軌道离地面高度的相互关系圖

在 $r=r_0$ 的情况下，速度 V_x 就等于在地面附近的 $(V_{\text{кр}})_0$，也就是 7912 公尺/秒——“第一宇宙速度”，因为在这种条件下無須作任何举高衛星的功。在 $r\to\infty$ 的时候，V_x 接近于 11190 公尺/秒。

在地面获得这样速度的物体，就能离开地球，向無穷远的地方飞去。这个速度有时被称为“第二宇宙速度”。

---

❶ 如把 g_0 按 9.79 公尺/秒^2 計算，則得 $V_x=11180\sqrt{1-\frac{r_0}{2r}}$。

$V_{кр}$和V_x对于不同高度h的值見表2和圖13。

表 2

高 度	环繞速度	特 性 速 度	运行的恒星周期❶		
h 公里	$V_{кр}$公尺/秒	V_x公尺/秒	小 时	分	秒
0	7,912	7,912	1	24	25
200	7,791	8,031	1	28	25
300	7,732	8,088	1	30	27
400	7,675	8,142	1	32	29
500	7,619	8,194	1	34	32
1,000	7,356	8,431	1	45	2
2,000	6,903	8,806	2	7	9
4,000	6,203	9,312	2	55	17
6,000	5,679	9,640	3	48	18
∞	0	11,190	0	0	0

❶ 运行的恒星周期指天体繞一整圈回到原来的相对于恒星的位置所經过的时間。

例如，为了使衛星在200公里高空圍繞地球运轉，必須对它作至少相当于达到特性速度$V_x=8031$公尺/秒所要求的功。在实际情况下，用火箭来發送衛星还必須要支出一些补充的能量来克服稠密大气層的空气阻力，克服火箭發送衛星过程中的地球引力的作用，最后还要用来逐漸地改变衛星飞行速度的方向。

这些补充的功可以作为对特性速度V_x的某些附加来計算，这些附加速度在很大程度上要取决于为衛星选擇的速度变化的过程和衛星在上升到規定高度去的路綫的形式。

数値計算表明，从衛星的重量、加速力和体积的实际对比关系看来，这些补充速度的总額可以达到特性速度数值的百分之十到十五。

由此可见，考虑到衞星上升和被發送的实际条件，这个速度V_x应当比它的理論值增加百分之十到十五。如果速度V_x計算出为8公里/秒，那么在实际条件下，这个值应当增加到9公里/秒左右。

根据这最后一項速度值就可以計算出發射人造地球衞星所必需的能量来源。

現代最現实的、能够保証获得8—9公里/秒飞行速度的飞行器就是火箭。

火箭在沒有引力和介質阻力的条件下的飞行速度，可以用著名的齐奥尔科夫斯基公式計算出来：

$$V_z = u \ln z,$$

这里V_z代表由齐奥尔科夫斯基公式計算出来的火箭飞行速度；u代表由火箭內噴射出来的燃料粒子的速度，或照一些人的建議，代表有效排气速度，而放在自然对数符号旁的Z，是火箭初重同它末重的比值，这个比值通常称为"齐奥尔科夫斯基数"。

燃料从火箭噴射出的速度u一般是用試驗方法来确定的。

在火力台上同时測量火箭發动机的推力P和它所需要的、火箭在每秒鐘消耗的燃料数量ω，就可以找出它們的比值或所謂比推力（也有叫做單位推力或比时冲的）：

$$P_{y\partial} = \frac{P}{\omega}\left[\frac{\text{公　斤}}{\text{公斤/秒}}\right]。$$

这个有头等重要意义的比值表明，火箭發动机用它所消耗的每公斤燃料在1秒鐘过程中可以产生多少公斤推力。

把$P_{y\partial}$乘以地球引力加速度$g_0 = 9.81$公尺/秒^2，就可以求得代入齐奥尔科夫斯基公式所必需的、燃料从火箭的噴射速度u公尺/秒。在圖14上画出了表示$P_{y\partial}$、数值z和速度V_z之

間的关系的圖表。

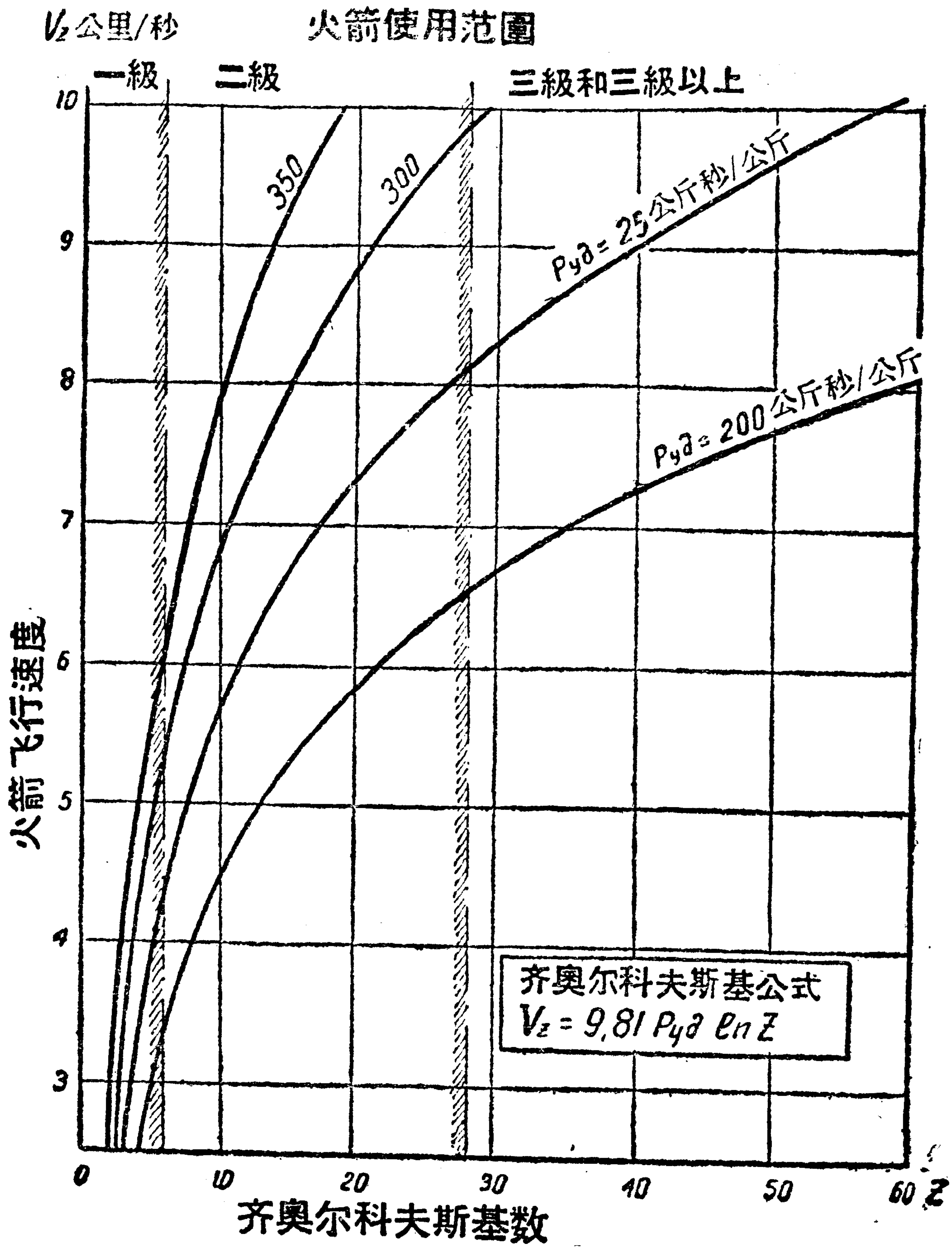


圖 14 按照齐奥尔科夫斯基公式計算出的火箭飞行速度 V_z 同 z（齐奥尔科夫斯基数）和火箭發动裝置的比推力 $P_{yд}$ 的关系

現代火箭發动机可以保証 $P_{yд}$ 达到 $250\left[\frac{公斤\cdot秒}{公\ 斤}\right]$ 左右。因此要得到 9 公里/秒的速度，必須保証火箭的齐奥尔科夫

斯基数 $z \cong 40$。

对一級火箭說来，这就是說，它連同燃料在內的初重应当是在它的全部燃料消耗完以后的空火箭重量的40倍。从設計上說，直到目前还不能做到这一点。在最好的情况下，可以做出的輕到極点的一級火箭結構的比值也只能是 $z \cong 6$。这里火箭有效載重通常达到它初重（起飞重量）的2%左右。

由此可見，要想使火箭有巨大飞行速度，必須像齐奥尔科夫斯基所預言的，不可避免地采用分級(組合)火箭結構。

在圖14上，一旁帶有許多短撇的兩条垂直綫，指出了目前各种級数的火箭的实际使用范圍的界限。

計算分級火箭的方法有許多种，然而其中大多数都有复杂、不能一目了然、术語和定义混乱等缺点。不久以前在英国星际协会的杂志上發表了荷蘭工程师維特累格特建議的分級火箭計算方法，这个方法应当被認为是最成功的。他建議拟定这样一种組合分級火箭的計算方法，这种方法只需要确定这种火箭的四个

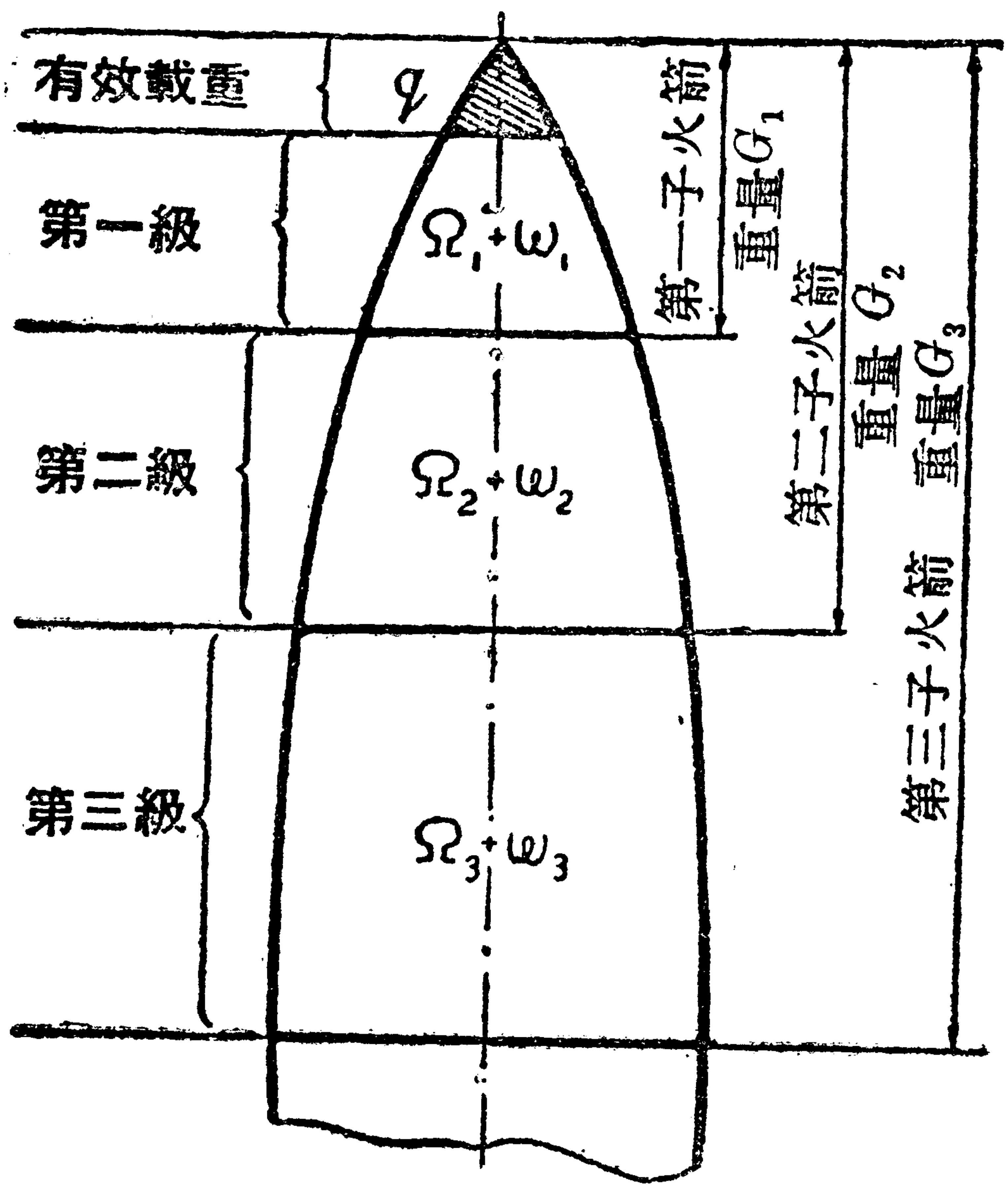


圖15 分級火箭示意圖（据維特累格特）

重量和它們之間的三个比值就行了，这些数值足够用来完成各种类型分級火箭的大多数基本計算。

在圖15画出了維特累格特分級火箭示意圖，标出了它的基本組合部分的代号。

在这个圖上，火箭被分为有效載重、一些級和子火箭。

火箭的有效載重可以由仪器和人組成，这里还包括承重結構以及在飞行时維护仪器和人的外壳。

火箭的級包括火箭这一級在开动期間到它脫离时为止所消耗的燃料；裝这些燃料的容器（燃料箱）；發动机；控制用的裝备和仪器(如果在要脫离的一級中有这些裝备的話)；以及外壳和它的承重动力結構。

子火箭指的是有效載重和火箭某些級的組合，其中有一級是工作的（正在开动的），而同組合火箭的有效載重一同繼續飞行的其余各級，都作为这一个子火箭的"有效載重"。

这里还要从示意圖的頂端到它的底部标出各个級和子火箭的号碼順序。

这样，对子火箭 1 說来，工作的一級就是第一級，而它的"有效載重"就是組合火箭的有效載重；对子火箭 2 說来，工作的一級是第二級，而它的"有效載重"是子火箭 1（也就是第一級連同組合火箭的有效載重）。对子火箭 3 說来，工作的一級是第三級，而"有效載重"是子火箭 2，按此类推。

这种确定組合火箭各个基本部分的定义和代号的方法是很簡單的；它容易給記住，可以避免在沒有这样明确的分类时总是会产生的一大串錯誤。

应当确定的分級火箭的四个基本重量是以下这些：

q——多級火箭的有效載重。

整个火箭都要根据这个重量来設計和建造。因此它是計

算中最重要的重量。像上面所指出的，有效載重由仪器或搭乘火箭的生物、承載动力結構和在飞行中起保护作用的外壳組成。

ω——这一級火箭消耗的燃料的重量。

在这个通常基本上由燃料和氧化剂的重量組成的重量中，还应当加上輔助成分的重量，例如用来使渦輪唧筒机組工作的过氧化氫、在飞行中这一級火箭在它工作期間所消耗的压縮氮气和氦气以及作为催化剂的一系列別的化学药品。

Ω——这一級的“干重”，也就是空燃料箱、發动机、渦輪唧筒机組、活門和輸送管、承重結構、外壳、控制装置等等的总重量，也就是在这一級所有的、要在飞行中脫离火箭其余部分的一切物資的重量。

G——子火箭的全部初重。

于是，按照上述的火箭各个組成部分的代号，可以用 G_n 来代表整个具有 n 个級的火箭的全部初重；ω_2 是第二級消耗的燃料总重量；Ω_3 是第三級的“干重”等等。

根据这些定义可以得出，

$$G_1 = q + \Omega_1 + \omega_1,$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$G_n = G_{n-1} + \Omega_n + \omega_n\ 。\qquad (\text{I})$$

除了确定分級火箭上这四个最重要部分的重量以外，还应当确定它們之間的以下三个比值：

第一，p——子火箭的“重量比”，也就是子火箭的全部初重同它的“有效載重”的重量的比数。

于是：

$$p_1=\frac{G_1}{q},$$

....

....

$$p_n=\frac{G_n}{G_{n-1}}\text{。} \qquad (\text{II})$$

于是，P——多級火箭的全部重量比，也就是 n 級火箭初重 G_n 与其有效載重的重量 q 的比值，就將是：

$$P=\frac{G_n}{q}=\frac{G_1}{q}\cdot\frac{G_2}{G_1}\cdot\frac{G_3}{G_2}\cdots\cdots\frac{G_n}{G_{n-1}}$$

$$=p_1\cdot p_2\cdot p_3\cdots\cdots p_n=\prod_{i=1}^{i=n}p_i, \qquad (\text{III})$$

这里的符号 $\prod_{i=1}^{i=n}$（通常叫做連乘积符号——譯者）代表跟在这个符号后面的 p_i 在 i 从 1 到 n 时的全部数值的乘积。

量 P 是多級火箭一些最重要的比值之一。在实际設計中，P 的数值通常不应大于由整个一系列經济和技术原因决定的、它的合理数值。

第二，s——很能說明問題的和重要的"級的結構特性"，也就是代表这一級連同燃料在內的全部初重与它在耗尽它所儲备的全部燃料后的重量的比数的量，換句話說，在这个字的火箭意义上，它可以表示这一級的結構的完善程度。

于是：

$$s_1=\frac{\Omega_1+\omega_1}{\Omega_1},$$

....

....

$$s_n = \frac{\Omega_n + \omega_n}{\Omega_n}。 \quad (\text{IV})$$

第三，上面已經确定的 z——被称为齐奥尔科夫斯基数的火箭"質量比"。

于是：

$$z_1 = \frac{G_1}{G_1 - \omega_1},$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots$$

$$z_n = \frac{G_n}{G_n - \omega_n}。 \quad (\text{V})$$

用这种方法确定出来的比数 p、s 和 z，永远大于 1。实踐中有时还利用相反的比值，这样有时就会导致从物理学观点看来是荒謬的概念。此外，这样計算出来的比数 p、s 和 z，第一，可以对現在用的比值提供一个比較直观的概念，第二，可以大大便于記忆❶。

对多級火箭說来，齐奥尔科夫斯基速度可以作为每一子火箭的这类速度的总和来求得。

那么按照齐奥尔科夫斯基的方法，n 級火箭这种总速度可以用这样的式子来計算：

$$V_z = u_1 \ln z_1 + u_2 \ln z_2 + \cdots\cdots + u_n \ln z_n = \sum_{i=1}^{i=n} u_i \ln z_i。 \quad (\text{VI})$$

❶ 这里很重要的，是把第一、第二、第三……級"子火箭"和第一、第二、第三……級"火箭"这兩个概念分清楚，前者的第三級包括第二級第一級在內，也就是一个包括有效載重在內的整个一个三級火箭；后者的第三級只是三級火箭的一节，不包括有效載重和第一、第二級火箭。Ω、ω 和 s 是指各級"火箭"的干重、燃料重和結構特性，G 和 p、z 是指各級"子火箭"的全重和重量比及齐奥尔科夫斯基数。讀者如覺得必要，可以再重讀一遍和这几个新名詞的定义有关的那几段。——譯本出版者

如果对所有各級說来，燃料从火箭噴射出来的速度 u_1、u_2、……u_n都是相等的，都等于u，并令$Z=z_1z_2\cdots\cdots z_n=\prod_{i=1}^{i=n} z_i$

那么

$$V_z=u\ln(z_1\cdot z_2\cdots\cdots z_n)=u\ln Z, \qquad (\text{Ⅶ}1)$$

由此可以得出

$$Z=e^{\frac{V_z}{u}}, \qquad (\text{Ⅶ}2)$$

这自然只有在速度 u_i 对所有 n 个級火箭都相等的条件下才是正确的。

接下去就容易表明，p 和 s 的数值永远要大于 z。

实际上，p、s和 z 三个比值（指同一級子火箭——譯者）之間可以用这样一个公式联系起来：

$$\frac{z-1}{z}=\frac{s-1}{s}\cdot\frac{p-1}{p}。\text{(注一)} \qquad (\text{Ⅷ})$$

由此可以求出：

$$p=z\frac{s-1}{s-z}, \qquad (\text{Ⅸ}1)$$

$$s=z\frac{p-1}{p-z}, \qquad (\text{Ⅸ}2)$$

$$z=\frac{ps}{p+s-1}。\text{(注二)} \qquad (\text{Ⅸ}3)$$

由这三个对一級火箭适用的等式可以得出对多級火箭适用的类似等式。

整个 n 級火箭的重量比將是（將Ⅸ代入公式Ⅲ——譯者）：

$$P=Z\prod_{i=1}^{i=n}\frac{s_i-1}{s_i-z_i}。 \qquad (\text{Ⅹ}1)$$

它在起飞前的全部重量：

$$G_n = qZ\prod_{i=1}^{i=n}\frac{s_i-1}{s_i-z_i}\text{。}^{(\text{注三})} \tag{Ⅹ2}$$

火箭第 n 級內的燃料重量：

$$\omega_n = qZ\frac{z_n-1}{z_n}\prod_{i=1}^{i=n}\frac{s_i-1}{s_i-z_i}\text{。}^{(\text{注四})} \tag{Ⅹ3}$$

第 n 級的結構的干重：

$$\Omega_n = qZ\frac{z_n-1}{z_n}\cdot\frac{1}{s_n-z_n}\prod_{i=1}^{i=n}\frac{s_i-1}{s_i-z_i}\text{。}^{(\text{注五})} \tag{Ⅹ4}$$

如果"結構特性" s 和"質量比" z 对所有各級和子火箭說来都是相等的，那么还可以写出更簡單的方程式：

$$P = p^n \tag{Ⅺ1}$$

和

$$Z = z^n, \tag{Ⅺ2}$$

或

$$P = z\left(\frac{s-1}{s-z}\right)^n = Z\left(\frac{s-1}{s-Z^{\frac{1}{n}}}\right)^n, \tag{Ⅺ3}$$

$$Z = P\left(\frac{s}{p+s-1}\right)^n = P\left(\frac{s}{P^{\frac{1}{n}}+s-1}\right)^{n\,(\text{注六})}\text{。} \tag{Ⅺ4}$$

利用这些式子还可以很容易得出其他的比值。

例：如果以 $\Sigma\Omega$ 符号代表火箭所有 n 个級的总的"干"重，而以 $\Sigma\omega$ 代表其中儲备的燃料的总重，那末：

$$\Sigma\Omega+\Sigma\omega = G_n - q = q(P-1)\text{。}^{(\text{注七})} \tag{Ⅻ1}$$

因此，

$$\frac{\Sigma\Omega+\Sigma\omega}{G_n} = \frac{q(P-1)}{qP} = \frac{P-1}{P}\text{。} \tag{Ⅻ2}$$

在所有各級的"結構特性"的值都相等的情形下，結果就是：

$$s=\frac{\Omega+\omega}{\Omega}=\frac{\Sigma\Omega+\Sigma\omega}{\Sigma\Omega},$$

由此，

$$\frac{\Sigma\Omega}{G_n}=\frac{\Sigma\Omega}{\Sigma\Omega+\Sigma\omega}\cdot\frac{\Sigma\Omega+\Sigma\omega}{G_n}=\frac{1}{s}\cdot\frac{P-1}{P}。\quad (\text{XII}3)$$

同样，

$$\frac{\Sigma\omega}{G_n}=\frac{s-1}{s}\cdot\frac{P-1}{P}。\quad (\text{XII}4)$$

自然，这里应当提醒一点，这些公式只是在 s 和 z 对火箭的所有 n 个級說来都是相等的条件下才是正确的。

*　　　　*　　　　*

我們可以举出利用这里引述的公式的某些例子。

例1. 假設我們有一个結構完善程度很高的火箭，其系数 $s=8.4$。为了比較起見，可以举出現代某些著名火箭的这一特性 s 的值。例如德国火箭"V-2式"的量 s 是 4 左右；"維金式"火箭从最初型式的 4.7 到这种火箭最新型式維金 9-11 的 6.85。"維金 12 式"火箭 $s=7.05$，最后，"空中蜜蜂式"和"空中蜜蜂—希式"火箭中，s 的值据已公布材料看来达到了 10 和 10 以上。

此外，假設我們这个火箭还具有足够完善的火箭發动机，能够保証有效排气速度 $u=2400$ 公尺/秒。

那么使有效載重 q 具有速度 $Vz=5060$ 公尺/秒，这种一級火箭必需具有的齐奥尔科夫斯基数根据Ⅶ 2 应为：

$$Z=e^{\frac{5060}{2400}}=8.234,$$

因此它的总的重量比根据公式(Ⅸ1)就得:

$$P=Z\frac{s-1}{s-z}=8.234\cdot\frac{7.4}{0.166}=367。$$

由此可見，这个火箭每一公斤有效載重要有 367 公斤初重。

現在我們再看一下，如果把这个火箭做成兩級的，它的初重会有什么变化。首先假設火箭各級的結構特性和排气速度 u 依旧不变。

那么，

$$Z=z_1\cdot z_2。$$

因此，由于$z_1=z_2$，結果

$$z=\sqrt{Z}=\sqrt{8.234}=2.87,$$

从而:

$$P=p^2=\left(z\frac{s-1}{s-z}\right)^2=\left(2.87\times\frac{7.4}{5.53}\right)^2=3.84^2=14.8。$$

这样，能够保証同样有效貨載 q 具有同一速度 $V_z=5060$ 公尺/秒的二級火箭的初重，將几乎只是一級火箭的二十五分之一。

然而这里必需指出，在从一級火箭轉变到多級火箭的时候，結構特性 S 未必能不改变。

在火箭每一級的發动机工作快結束时，就会出現整个火箭运动的巨大的縱向加速度，由于这些加速度，必然要加强那些还沒有工作并且滿盛燃料的几級中的燃料庫的坚固程度。此外，在 5 級火箭里还要有某些把火箭各級連結起来的、附加的接头、分卸用的机械等等。

因此，完全有根据認为，組合分級火箭各級的結構特性总是比一級火箭要差。

假設在这种情况下我們的二級火箭的結構特性 s_1 和 s_2 分別比一級火箭少个整数4，也就是說它們几乎只是一級火箭的二分之一，等于4.4，而不是8.4。

那么兩級火箭的重量比就是：

$$P=\left(2.87\times\frac{3.4}{1.53}\right)^2=40.7。$$

由此可見，甚至在这种情况下，二級火箭的初重还只是一級火箭初重的九分之一，虽然一級火箭具有的結構完善程度高得多。

例 2. 必須确定一种用来使重量 $q=300$ 公斤的人造地球衞星具有速度 $V_z=9000$ 公尺/秒的四級火箭的一些基本特性。像我們前面看到的，这种速度能够保証衞星具有必要的特性速度 $V=8000$ 公尺/秒，使衞星能在海拔200公里的高空沿圓形軌道飞行，此外，还可以补償克服空气阻力和重力損耗所付出的附加的速度損耗。

为了使計算大大簡單化，我們令这个火箭所有各級的下兩个値都是相等的，$u=2400$ 公尺/秒和 $s=4.7$。

为了在 $u=2400$ 公尺/秒情形下，速度 $V_z=9000$ 公尺/秒，全部的質量比（齐奥尔科夫斯基数）应当等于：

$$Z=e^{\frac{9000}{2400}}=e^{3.75}=42.5。$$

那么，按照前述的等式

$$P=42.5\left(\frac{4.7-1}{4.7-42.5^{0.25}}\right)^4=372。$$

因此，按照前面的計算，这种四級火箭全部初重是：

$$G_4=qP=0.3\cdot372=111.6\text{ 吨，}$$

这是完全可以采用的和現实的，因为最大的第四級火箭發动机应当具有約220吨的推力，而試驗这样發动机的台座在美国已經造成幷在使用。

第一級將同火箭的有效載重 q 一起获得最后的、最大的速度，幷將同它一起沿衞星軌道飞行，这一級的"干重" Ω_1 可用下列等式来計算：

$$\Omega_1 = q\frac{P^{\frac{1}{4}}-1}{s} = 300\cdot\frac{4.39-1}{4.7} = 216\text{公斤。}$$ （注八）

像我們以前所看到的，火箭上这个紧挨着有效載重的一級的这些空燃料箱，可以用作制造人造地球衞星的建造材料。

这个火箭所有四級的燃料总重量根据（XII 4）应为：

$$\sum_{i=1}^{i=4}\omega_i = G_4\frac{s-1}{s}\cdot\frac{P-1}{P} = 111.6\cdot\frac{4.7-1}{4.7}\cdot\frac{372-1}{372} = 87.6\text{吨，}$$

而其所有四級的"干重"根据（XII 3）应等于：

$$\sum_{i=1}^{i=4}\Omega_i = \frac{\sum\limits_{i=1}^{i=4}\omega_i}{s-1} = \frac{87.6}{4.7-1} = 23.7\text{ 吨。}$$

由此可見，具有完全現实的發动机和結構特性的四級火箭，在起飞重量約为112吨和总燃料消耗为88吨的情况下，能够把衞星送到軌道上，幷且使总重約500公斤的珍貴物資在那里获得圍繞地球自由运轉所必需的飞行速度。

这个結果已經是極明显的和有可能的，因为在这个例子中采用的只是現在已經能够达到的、用普通化学燃料發动的火箭及其發动机的特性。

如果特性 s 和 u 对火箭的每一級都有与其他級不同的

值，在这种情况下，很重要的一点就是要善于正确計算出每一級單独的值 z_1; $z_2 \cdots z_n$。在逐級任意选擇齐奥尔科夫斯基数的情况下，結果火箭的初重可能比其最小值增加極多。

我們首先用上面剛剛分析过的二級火箭来說明这一点。

例 3. 假設兩級火箭的第一級（紧挨着有效貨載的一級）中：$u_1=2000$ 公尺/秒，而第二級中 $u_2=2400$ 公尺/秒。兩級的結構特性是一样的等于 $s_1=s_2=4$。齐奥尔科夫斯基速度依旧不变 $V_z=5060$ 公尺/秒。

那么，任意取值 $z_2=3.3$，从齐奥尔科夫斯基公式对二級火箭可以得出：

$$\ln z_1=\frac{V_z}{u_1}-\frac{u_2}{u_1}\ln z_2=\frac{5060}{2000}-\frac{2400}{2000}\ln 3.3=1.0973,$$ (注九)

由此

$$z_1=3.0。$$

因而，在这样条件下，初重量比將是：

$$P=\prod_{i=1}^{i=2} z_{1i}\frac{s_i-1}{s_i-z_i}=3.0\cdot 3.3\frac{4-1}{4-3}\cdot\frac{4-1}{4-3.3}=127。$$

如果現在我們稍稍改变火箭各級的特性，假設它們具有以下的值：

$$u_1=2400\text{ 公尺/秒};\ u_2=2000\text{ 公尺/秒};$$
$$s_1=4.4\text{ 和 } s_2=3.6。$$

那么在同一个值 $z_2=3.3$ 的情况下，可以得出 $z_1=3.05$，而火箭的初重几乎增加为剛剛求得的数字的兩倍，等于 220，做一做与剛剛列举的相类似的計算，就不难相信这一点。

然而，如果我們在改变火箭各級特性的同时，还改变 z_2，令其不是 3.3，而假設是 2.8，那么在这种情况下，Z_1 將等于 3.48，火箭的重量 P 將等于 119 公斤，而不是 220 公斤，

也就是說，甚至比第一种情况下还要小。

由此可見，火箭各級特性不大的变化（不超过其平均値的 10%），往往就能使組合火箭的初重起極大的变化。

因此，在每一具体計算場合下，都应当从規定速度及其各級的分别的特性出發，找出火箭各級齐奥尔科夫斯基数的最优的关系。

*　　　　*　　　　*

在火箭級数 n 为任意数目的情况下，要确定其各个級的齐奥尔科夫斯基数的最优値，可以用能够得出相当好的結果的近似法。

例如用 Y_1 来代表比数 $z_1:s_1$，首先我們要求出零級近似値 Y_0，这只有在 u_i 的一切値都等于 u_1 的时候才正确：

$$Y_0=\frac{e^{\frac{V_z}{nu_1}}}{\prod\limits_{i=1}^{i=n}(s_i)^{\frac{1}{n}}}, \text{❶}$$

然后，我們按照斯塔紐科維奇教授的建議，用下面的公式求出最后的近似値：

$$Y_1=Y_0(1+\Delta)。$$

这里的修正値

---

❶ $$Y_0=\frac{z_1}{s_1}=\frac{z}{s}=\frac{z^{\frac{1}{n}}}{(s^n)^{\frac{1}{n}}}=\frac{\left(e^{\frac{V_z}{u_1}}\right)^{\frac{1}{n}}}{\left(\prod\limits_{i=1}^{i=n}s_i\right)^{\frac{1}{n}}}=\frac{e^{\frac{V_z}{nu_1}}}{\prod\limits_{i=1}^{i=n}(s_i)^{\frac{1}{n}}}$$

$$\Delta = \overline{\alpha}\left(1 - \frac{1}{Y_0} - \frac{V_z}{nu_1}\right),$$

其中

$$\overline{\alpha} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{i=n}\left(\frac{u_i}{u_1} - 1\right)。$$

这样，我們求出

$$z_1 = s_1 Y_1。$$

接着，我們順序令Y_2、$Y_3 \cdots Y_n$等于以下比值$\frac{z_2}{s_2}$、$\frac{z_3}{s_3} \cdots \frac{z_n}{s_n}$和用类似方法求出 z_2、z_3；$\cdots z_n$ 的值，这些值在这种場合下將相当接近于它們的最优值。

試把这种方法运用到剛剛分析过的兩級火箭例子上。

对这个兩級火箭說来，$n=2$，$u_1=2400$，$u_2=2000$，$V_z=5060$，$s_1=4.4$，$s_2=3.6$。

那么对第一級說来，

$$Y_0 = \frac{e^{\frac{5060}{2\cdot 2400}}}{(4.4\cdot 3.6)^{\frac{1}{2}}} = \frac{e^{1.053}}{3.98} = 0.722。$$

接着就得出：

$$\overline{\alpha} = \frac{1}{2}(1-1+0.8333-1) = -\frac{0.1667}{2} = -0.0833,$$

$$\Delta = -0.0833\left(1 - \frac{1}{0.722} - 1.053\right) = 0.1203。$$

从而，

$$Y_1 = Y_0(1+0.1203) = 0.722\cdot 1.12 = 0.87,$$

$$z_1 = 0.87\cdot 4.4 = 3.55。$$

在 z_1 为这种值的情况下，根 据 速 度 $V_z=5060$ 和 $u_2=$

$=2000$，我們可以求出 $z_2=2.745$。于是兩級火箭最小初重將是：

$$P_{min}=3.55\cdot 2.745\cdot\frac{4.4-1}{4.4-3.55}\cdot\frac{3.6-1}{3.6-2.745}=118.5。$$

以前，在 $z_1=3.48$ 和 $z_2=2.8$ 的情形下，我們求得了与其近似的值 $P=119$。

*　　*　　*

对于具有三个和三个以上的順序开动的級的分級火箭說来，各个子火箭的齐奥尔科夫斯基数的不正确分配还可以在更大程度上有所影响。

例如，不难表明，对于上述的用来發射10公斤重的人造地球衞星的美国三級火箭“先鋒号”的設計，如果稍稍改变这个火箭各級齐奥尔科夫斯基数的分配，而保持其各級現有的結構特性和燃料从發动机拋射的有效速度u，可以大大改善。

令人遺憾的是，外国技术書籍中發表的这一“先鋒”設計的料材，包含着許多彼此矛盾的报导，并且是远非充分的。因此在下述的例子中，可以在补充計算出来的、这一火箭各个特性的数值中，碰到某些不够精确的地方。然而这对闡明这里所提出的見解并無重要意义。

例 4. 假設“先鋒号”火箭各个級的基本特性具有表3所列的值。

可能在这个表里对空气阻力和地球引力对火箭的影响估計出来的总的速度損耗稍为小了一些，但是这里也沒有計入火箭从地球自轉所取得的补充速度。

在这种情况下，在从佛罗里达半島上以同赤道平面成40°的角度向东南方發射衞星的时候，这个补充速度达到300公尺/秒左右。

表 3 美国三級火箭"先鋒号"基本特性数値的一种可能的方案

特性	符号	單位	級和子火箭		
			第一	第二	第三
子火箭初重	G_n	公斤	230	1870	9100
子火箭末重❶	G_k	公斤	60	444	2900
燃料重量	ω_t	公斤	170	1426	6200
級的結構的重量	Ω_t	公斤	50	214	1030
火箭級的結構特性	s_i	0	4.40	7.67	7.00
燃料噴射的有效速度	u_i	公尺/秒	2100	2400	2380
齐奧尔科夫斯基数	z_i	0	3.83	4.21	3.14
齐奧尔科夫斯基速度（子火箭）❷	$(V_z)_i$	公尺/秒	2820	3450	2730
实际总飞行速度	V_∂	公尺/秒	7630	4900	1800
用来克服介質阻力和地球引力的总速度損耗❸	ΔV	公尺/秒	90	350	930

❶ 子火箭的初重即 G_1、G_2、$G_3 \cdots G_n$，子火箭末重系 $G_n - \omega_n$。

❷ 子火箭的齐奧尔科夫斯基速度 $(V_z)_i$ 即各級火箭在燃料用完后的增加上去的速度，即为 $u_i \ln z_i$，其总和应为 9000 公尺/秒。

❸ 用来在衞星上升和前进时克服介質阻力和地球引力而消耗的速度 ΔV 是分别按級以絕对式計算的。

采取表 4 所列的"先鋒号"火箭各級的特性 s_i 和 u_i 为眞正的"先鋒号"火箭所具有的值，利用上述方法就可以求得与其相应的值 (z_i)。

对"先鋒号"火箭的 (z_i) 的中間計算結果已列在表 4 中，而按照表 3 中所假設的 z_i 的各个值求得的一切計算的最后結果，見表 5。

下一步，利用本附录中前面所列举的公式，就不难計算出火箭最优方案的其余一切特性，这就是：火箭各級燃料的分配，每一級結構的重量等等。

表 4　“先鋒号”火箭各級齐奥尔科夫斯基数最优值(z_i)（最优）的某些中間計算

№ п/п	各种量的值	火箭的級 第一	第二	第三
1	結構特性 s_i	4.40	7.67	7.0
2	有效速度 u_i	2 100	2 400	2 380
3	$\frac{V_z}{nu_i}=\frac{3000}{u_i}$	1.43	1.25	1.26
4	$e^{\frac{V_z}{nu_i}}$	4.18	3.49	3.53
5	$\prod_{i=1}^{i=3}(s_i)^{1/3}=(4.6\cdot7.67\cdot7.0)^{1/3}$	6.17	6.17	6.17
6	$\bar{\alpha}=\frac{1}{3}\left(\frac{u_1}{u_i}+\frac{u_2}{u_i}+\frac{u_3}{u_i}-3\right)$	+0.092	−0.044	−0.036
7	$Y_0=\frac{«4»}{«5»}$❶	0.678	0.566	0.572
8	$\frac{1}{Y_0}$	1.474	1.765	1.750
9	1−«8»−«3»	−1.904	−2.015	−2.010
10	Δ=«6»·«9»	−0.175	+0.089	+0.073
11	1+Δ	0.825	1.089	1.073
12	$Y_i=Y_0(1+\Delta)$=«7»·«11»	0.57	0.615	0.615
13	$Z_i=s_i\cdot Y_i$=«1»·«12»	2.51	4.72	4.31
14	把校正計算在內的 z_i❷	2.47	4.61	4.23

❶ 为了簡化数学式的書写，在表 4 中采用了以下符号：在括号內的数字代表与这个数字相应的一行中的代数式。

❷ 通常在总的計算中利用这些近似法时，在新求出的总速度 V_z 和規定值之間会出現某些差額，出入达1—2%。这个差額的出現，是因为在为了使計算比較簡單而把某些中間函数展成級数时，只取級数的头几項，而略去了其他一切高阶項。因此，只要把已形成的差按比例地分配給各个子火箭的速度值 V_z，这种速度差額就可以消除，第 14 項就是这样修正的。

表 5 已求得的"先鋒号"火箭基本参数最优值同这些参数在表 3 中所列的値的比較

特性		級和子火箭 第一	第二	第三
齐奥尔科夫斯基数（子火箭）z_i	最优値	2.47	4.61	4.23
	实际値	3.83	4.21	3.14
齐奥尔科夫斯基速度（子火箭）V_z	最优値	1900	3670	3430
	实际値	2820	3450	2730
初重（子火箭）G_i❶	最优値	43.5	436	4000
	实际値	230	1870	9100

❶ 根据表上的数値采用最优良的組合方式，火箭总重 4000 公斤而先鋒計划的实际値是 9100 公斤，大了一倍还多，这証明先鋒計划是一个落后的發射計划。——譯本出版者

而且根本的結論是：計算的結果可以得到一个最优良的多級火箭。只要我們正确地計算每一級的特性，对火箭每級的發动机、載重和推进剂进行合理的分配，做到这一点是可能的。

注　解

(注一)要証明这一公式是不困难的，假定 $p.s.G$ 是指 n 級的子火箭三个比値，那么：

$$\frac{z_n-1}{z_n}=\frac{\dfrac{G_n}{G_n-\omega_n}-\dfrac{G_n-\omega_n}{G_n-\omega_n}}{\dfrac{G_n}{G_n-\omega_n}}=\frac{\omega_n}{G_n}。$$

$$\frac{s_n-1}{s_n}=\frac{\dfrac{\Omega_n+\omega_n}{\Omega_n}-\dfrac{\Omega_n}{\Omega_n}}{\dfrac{\Omega_n+\omega_n}{\Omega_n}}=\frac{\omega_n}{\Omega_n+\omega_n}。$$

$$\frac{p_n-1}{p_n}=\frac{\dfrac{G_n}{G_{n-1}}-\dfrac{G_{n-1}}{G_{n-1}}}{\dfrac{G_n}{G_{n-1}}}=\frac{G_n-G_{n-1}}{G_n}$$

$$=\frac{\Omega_n+\omega_n}{G_n}。$$

因而 $$\frac{z_n-1}{z_n}=\frac{\omega_n}{G_n}=\frac{\omega_n}{\Omega_n+\omega_n}\cdot\frac{\Omega_n+\omega_n}{G_n}$$

$$=\frac{s_n-1}{s_n}\cdot\frac{p_n-1}{p_n}。$$

(注二)从上式可以得出这一系列公式:

(a)上式化成

$$\frac{p-1}{p}=\frac{z-1}{z}\cdot\frac{s}{s-1},\text{即}1-\frac{1}{p}=\frac{sz-s}{zs-z},$$

$$\frac{1}{p}=1-\frac{sz-s}{zs-z}=\frac{zs-z-sz+s}{zs-z}=\frac{s-z}{z(s-1)}.$$

所以 $$p=\frac{z(s-1)}{s-z}。$$

同样方法可得 $$s=\frac{z(p-1)}{p-z}。$$

(b)上式也可化成:

$$1-\frac{1}{z}=\frac{sp-s-p+1}{ps},$$

$$\frac{1}{z}=1-\frac{sp-s-p+1}{sp}=\frac{s+p-1}{sp},$$

所以 $$z=\frac{ps}{p+s-1}。$$

(注三)由公式Ⅱ知道

$$G_n=p_nG_{n-1}=p_n\cdot p_{n-1}G_{n-2}=p_np_{n-1}\cdots p_1q=q\prod_{i=1}^{i=n}p_i,$$

以公式 Ⅸ 2 代入

$$G_n = q\, z_n z_{n-1} \cdots z_1 \cdot \frac{s_n - 1}{s_n - z_n} \cdot \frac{s_{n-1} - 1}{s_{n-1} - z_{n-1}} \cdots \frac{s_1 - 1}{s_n - z_n}$$

$$= qZ \prod_{i=1}^{i=n} \frac{s_i - 1}{s_i - z_i}。$$

(**注四**)由公式Ⅴ得出

$$G_n - \omega_n = \frac{G_n}{z_n},$$

$$\omega_n = G_n - \frac{G_n}{z_n} = G_n\left(1 - \frac{1}{z_n}\right) =$$

$$qZ \prod_{i=1}^{i=n} \frac{s_i - 1}{s_i - z_i}\left(\frac{z_n - 1}{z_n}\right) = qZ \frac{z_n - 1}{z_n} \prod_{i=1}^{i=n} \frac{s_i - 1}{s_i - z_i}。$$

(**注五**)由公式Ⅳn 得出

$$s_n = 1 + \frac{\omega_n}{\Omega_n}, \quad \frac{\omega_n}{\Omega_n} = s_n - 1,$$

$$\Omega_n = \frac{\omega_n}{s_n - 1} = qZ \frac{z_n - 1}{z_n} \cdot \frac{1}{s_n - 1} \prod_{i=1}^{i=n} \frac{s_i - 1}{s_i - z_i}。$$

(**注六**)如 s、z 的値都相等

那么由 $p = z\dfrac{s-1}{s-z}$ 知道 p 的値也都相等

所以

$$P = \prod_{i=1}^{i=n} p_i = p^n$$

$$Z = \prod_{i=1}^{i=n} z_i = z^n$$

$$P = z \prod_{i=1}^{i=n} \frac{s_i - 1}{s_i - z_i} = z\left(\frac{s-1}{s-z}\right)^n = z\left(\frac{s-1}{s - Z^{\frac{1}{n}}}\right)^n$$

$$Z = z^n = \left(\frac{ps}{p+s-1}\right)^n = p^n\left(\frac{s}{p+s-1}\right)^n =$$

$$= P\left(\frac{s}{P^{\frac{1}{n}} + s - 1}\right)^n。$$

（注七） 由公式Ⅲ知道 $G_n=qP$，代入即得Ⅻ。这个公式在一般的多級火箭中都成立。

（注八） 因为 $\frac{\Omega_1+\omega_1}{\Omega_1}=s$， $\Omega_1=\frac{1}{s}(\Omega_1+\omega_1)$，

根据簡化的公式Ⅻ，$\Omega_1+\omega_1=q(p-1)$，

所以 $\Omega_1=\frac{1}{s}\cdot q\,(p-1)=\frac{q(p-1)}{s}=q\,\frac{P^{\frac{1}{4}}-1}{s}$

（注九） 因为 $v_z=u_1\ln z_1+u_2\ln z_2$

所以 $\ln z_1=\frac{v_z-u_2\ln z_2}{u_1}=\frac{v_z}{u_1}-\frac{u_2}{u_1}\ln z_2$

附录中的名詞表

m	衞星質量
g	衞星所在地的重力加速度
g_0	地球表面上的重力加速度
r	衞星所在地对地心的距离
r_0	地球半徑
$V_{кр}$	衞星的环繞速度
$(V_{кр})_0$	在地球表面上的假想的衞星的环繞速度
$V_{эл}$	橢圓軌道上的衞星的速度
T_n	把衞星从地面送到 h 高度时需要的能量
V_x	从地面發射一个高度为 h 的循圓形軌道运行的衞星，所需要的速度
V_z	火箭的最大速度也就是燃料用完时的速度
z	火箭的齐奥尔科夫斯基数，又叫做質量比，是火箭的初重和燃料用完后的火箭重量的比値
u	火箭的噴气速度
$P_{уд}$	火箭的比推力，即單位質量如一公斤燃料产生的推力
ω	火箭每秒鐘內消耗的燃料
$\omega_1\omega_2\cdots\omega_i\cdots\omega_n$	一級、二級…i級…n 級火箭的燃料的数量
$\Omega_1\Omega_2\cdots\Omega_i\cdots\Omega_n$	一級、二級… i 級…n級火箭的干重，也就是各級火箭在燃料用完时的重量
q	火箭的有效載重
G_1、$G_2\cdots G_i\cdots G_n$	一級、二級…i級…n級子火箭的全重
p_1、$p_2\cdots p_i\cdots p_n$	一級、二級…i級…n級子火箭的重量比，也就是子火箭的初重同有效載重的比値

z_1、$z_2\cdots$ $z_i\cdots z_n$	一級、二級…i級…n級子火箭的齐奥尔科夫斯基数	Z	$z_1z_2\cdots z_n$的連乘积
s_1、$s_2\cdots$ $s_i\cdots s_n$	一級、二級…i級…n級火箭的結構特性，即將有效載重去掉后，这一級連同燃料在内的全部重量，和燃料用完后的重量的比值。	P	$p_1,p_2\cdots p_n$的連乘积也就是n級火箭出發时的初重和有效載重的比值。

参考書目

В Х.阿比安次——噴气發动机。莫斯科“知識”出版社。1955年。

В В.多勃隆拉沃夫——宇宙航行。莫斯科“知識”出版社。1955年。

А Г.卡尔平科——宇宙飞行問題。莫斯科“知識”出版社。1955年。

И.А.麦尔庫洛夫——噴气飞行。莫斯科“知識”出版社。1954年。

И.А.麦尔庫洛夫——宇宙火箭。莫斯科“知識”出版社。1955年。

К.П.斯塔紐科維奇——論宇宙飞行。“青年近衛軍”出版社。1956年（青年科学家叢書）。

Ф.А.昌杰尔——利用火箭裝置飞行的問題。莫斯科国家国防出版社。1947年。

К.Э.齐奥尔科夫斯基——火箭技术著作集。莫斯科国家国防出版社。1947年。

А.А.斯特恩菲尔德——宇宙旅行。莫斯科——列宁格勒国家出版社。1949年。

А.斯特恩菲尔德——人造地球衞星。莫斯科国家技术理論書籍出版社。1956年。

人造地球衞星（美国“先鋒号”討論会材料）“苏联广播电台”出版社。1957年。

“眞理报”1957年10月9日文章“人造地球衞星”。

出版者的話

这本書搜集了和人造地球衛星有关的科学和政治上的資料，內容很丰富。它詳細地介紹了衛星在科学上的意义，介紹了各种現代火箭、各种类型的人造衛星和建立衛星的計划，还轉載了眞理报"苏联人造地球衛星"这篇文章，最后引証了苏联發射衛星以后，各国人們的从不同立場出發的反应。在附录中还告訴人們怎样計算衛星和火箭速度，以及怎样組合多級火箭才最合乎理想等等科学知識。因此，它是一本进一步宣傳和学習人造地球衛星的科学知識的重要参考書。

本書附录中有好些讀者比較陌生的符号和公式，但它們在文內都介紹得很清楚，有高中代数知識的讀者，只要認眞閱讀，不难理解附录的主要內容。为了减輕閱讀的困难，我們作了一些注解，并編了一个备查考的名詞一覽表。讀者在讀完了附录之后，一定会很高兴地知道，怎样用苏联科学家創造的公式，証明美国"先鋒計划"是一个落后的計划。

全書除附录以外，其余部分还是較通俗的。

总号：
人造地球衛星
ИСКУССТВЕННЫЙ СЛУТНИК ЗЕМЛИ

原著者：[苏联]Ю.А. ПОБЕДОНОСЦЕВ
原出版者：ИЗДАТЕЛЬСТВО «ЗНАНИА»1957
譯者：文有仁等
出版者：科学普及出版社
（北京市西直門外新家闸）
北京市書刊出版業營業許可証出字第091号
發行者：新华書店
印刷者：北京市印刷一厂
（北京市西直門南大道乙1号）

开本：787×1092 1/32　印張：2½
1958年6月第1版　字数：5 ·700
1958年6月第1次印刷　印数：1—10·000

統一書号：13051·83

定价：(9)3角3分